

**Experimentelle und klinische Untersuchungen
zur mikrobiellen Besiedelung weichbleibender und harter
Unterfütterungskunststoffe**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
doctor medicinae dentariae
(Dr. med. dent.)

vorgelegt dem Rat der Medizinischen Fakultät der
Friedrich-Schiller-Universität Jena.

von Sophia Gröber
geboren am 31.01.1976 in Jena

Gutachter

1.
2.
3.

Tag der öffentlichen Verteidigung:

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Werkstoffe für die Prothesenbasis unter besonderer Berücksichtigung der Unterfütterungsmaterialien.....	2
1.2	Mikrobiologie der Mundhöhle	6
1.3	Einfluß von Prothesen auf die Mikroökologie der Mundhöhle	8
1.4	Folgen der mikrobiellen Besiedelung von Prothesen.....	9
1.5	Einfluß von Kunststoffen auf die mikrobielle Besiedelung	12
1.6	Problematik der Reinigung von Kunststoffen	13
2	Aufgabenstellung	15
3	Experimentelle Studie	16
3.1	Material und Methode	16
3.1.1	Werkstoffe.....	16
3.1.2	Mikrobiologische Untersuchungen	19
3.1.3	Versuchsdurchführung	21
3.1.4	Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen.....	23
3.1.5	Statistische Auswertung	23
3.2	Ergebnisse	24
3.2.1	Resultate der Keimzahlbestimmung.....	24
3.2.2	Oberflächenrauigkeiten	29
3.2.3	Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen.....	31
3.3	Diskussion.....	35
3.3.1	Diskussion der Methoden.....	35
3.3.2	Diskussion der Ergebnisse	38
3.3.3	Schlußfolgerungen zur experimentellen Studie.....	49
4	Klinische Studie	51
4.1	Material und Methode	51
4.1.1	Patientengut.....	51
4.1.2	Werkstoffe.....	51
4.1.3	Mikrobiologische Untersuchung	52
4.1.4	Statistische Auswertung	53

4.2	Ergebnisse	54
4.2.1	Quantitative Auswertung.....	54
4.2.2	Qualitative Auswertung	60
4.2.3	Prothesenstomatitis	61
4.3	Diskussion.....	63
4.3.1	Diskussion der Methodik	63
4.3.2	Diskussion der Ergebnisse und vergleichende Betrachtung zu den experimentellen Resultaten	63
4.3.3	Schlußfolgerungen zur klinischen Studie.....	71
5	Zusammenfassung	73
6	Abbildungsverzeichnis	76
7	Tabellenverzeichnis	77
8	Literaturverzeichnis	78
9	Normen und Informationsschriften.....	86
10	Anhang.....	87
	Lebenslauf	91
	Ehrenwörtliche Erklärung	92
	Danksagung.....	93

1 Einleitung

Die prothetische Versorgung des zahnlosen Patienten hat wie jede zahnärztliche Behandlung die funktionelle Wiederherstellung des Kauorgans zum Ziel (87). Sie besteht daher nicht nur aus der Eingliederung von abnehmbaren Prothesen, sondern auch aus der Unterfütterung derselben.

Als Unterfütterung bezeichnet man eine prothetische Maßnahme, bei der mangelhaft sitzende Prothesen durch Auftragen von Kunststoff auf die alte Prothesenunterseite dem Kiefer wieder genau angepaßt werden (84). Die Unterfütterung kann direkt erfolgen, indem ein kalthärtender Kunststoff auf die zu korrigierenden Abschnitte der Prothesenbasis aufgetragen und direkt im Mund unter Funktionsbewegungen ausgeformt wird. Sie kann aber auch auf indirektem Weg geschehen. Bei diesem Vorgehen wird ein Abformmaterial auf die Prothesenunterfläche gebracht, im Mund ausgeformt und anschließend im Labor durch ein Polymerisat ersetzt (10).

Eine Unterfütterung wird aus folgenden Gründen notwendig: Bei den üblichen, schleimhautgelagerten Prothesen handelt es sich um harte Fremdkörper, welche die weiche und empfindliche Mundschleimhaut mit Druck-, Scheuer- und Reibewirkungen belasten (87). Als Resultat dieser geweblichen Überbeanspruchung treten häufig schmerzhaft Druckstellen auf (10). Darüber hinaus beeinflussen harte Prothesen den nach Zahnextraktion auftretenden Höhenverlust der Alveolarfortsätze. Durch die ungleichmäßige und unabgebremste Übertragung der Kaukräfte auf Schleimhaut und Knochen wird unter harten Prothesen häufig eine vorzeitige Atrophie des Alveolarkammes beobachtet (47). Dadurch kommt es zu einer Inkongruenz zwischen Prothesenbasis und Prothesenlager, welche zwangsläufig die Haftfähigkeit des Zahnersatzes herabsetzt (84).

In der zahnärztlichen Praxis werden für Unterfütterungen zumeist harte Kunststoffe verwendet, um den Prothesenhalt bei fortschreitendem Abbau des Alveolarkammes zu verbessern. Es wurden auch weiche Unterfütterungsmaterialien entwickelt. Diese eignen sich insbesondere dazu, die zwischen harter Prothesenbasis und der z.T. ungünstigen Knochenoberfläche eingeklemmte Schleimhaut durch Abpufferung und Verteilung der einwirkenden Kräfte zu entlasten, somit den vorzeitigen Knochenabbau zu verlangsamen und

Druckstellen zu vermeiden (32, 33, 87). Im Gegensatz zu den harten Kunststoffen haften den weichen Materialien jedoch zahlreiche werkstoffkundliche Mängel an (45, 90, 97).

Unterfütterungsmaterialien treten wie alle dentalen Werkstoffe durch ihre Eingliederung in die mikrobiell dicht besiedelte Mundhöhle in ein Wechselverhältnis mit den dort herrschenden Strukturen und Milieubedingungen. Ihre klinische Brauchbarkeit hängt dabei nicht nur von den physikalischen und chemischen Eigenschaften ab, sondern auch von ihren biologischen Effekten und ihrer Bewährung in der Mundhöhle (95). Weichbleibende Kunststoffe neigen auf Grund ihrer inneren und äußeren Struktur in besonderem Maße zur mikrobiellen Besiedelung (20, 50, 53, 81).

Hersteller neuerer Unterfütterungskunststoffe werben jedoch mit einer bakterienabstoßenden Wirkung der Oberfläche ihrer Materialien (F2). Angesichts dieser Aussage und der Tatsache, daß die negativen Folgen einer Anlagerung von Mikroorganismen der klinischen Notwendigkeit der Unterfütterungsmaterialien gegenüberstehen, soll mit der vorliegenden Arbeit der Frage nachgegangen werden, ob und in welchem Maße gegenwärtig verwendete Unterfütterungskunststoffe mikrobiell besiedelt werden.

1.1 Werkstoffe für die Prothesenbasis unter besonderer Berücksichtigung der Unterfütterungsmaterialien

In der Werkstoffgruppe der Prothesenkunststoffe dominiert seit 1936 uneingeschränkt das Polymethylmethacrylat (PMMA). Die Überlegenheit dieses Materials beruht auf seinen sehr guten physikalischen und chemischen Eigenschaften, seiner einfachen Verarbeitung und Bearbeitbarkeit sowie der guten Reparierbarkeit. Zudem besitzt es sehr gute Farbstabilität, Transparenz und Ästhetik und ist physiologisch unbedenklich (38). Verwendung findet es als Basiswerkstoff bei abnehmbarem Zahnersatz, als Trägermaterial für metallische Halte- und Regulierungselemente bei kieferorthopädischen Geräten, für Epithesen in der Defektprothetik sowie als Werkstoff klinischer Hilfsmittel (Abformlöffel) bzw. als Hilfswerkstoff (Fixierung, Modellation) (38, 100).

Ausgangsmaterial für PMMA ist das Monomer Methacrylsäuremethylester (MMA), welches durch seine Doppelbindung zu Kettenmolekülen polymerisiert, wodurch der flüssige

Werkstoff erhärtet. Jede Polymerisation führt zu einem Volumenschwund von etwa 25 %. Daher wird dem MMA PMMA als Füllstoff zugegeben. In der Gebrauchsperiode kommt es durch Quellung des Kunststoffes (Wasseraufnahme) ebenfalls zu Formveränderungen. Bei abnormer Reaktionslage der Mundschleimhaut kann es durch Inhaltsstoffe des Kunststoffes (z.B. Monomer, Farbstoffe) zu überschießenden Abwehrreaktionen kommen. Völlig auspolymerisiertes PMMA ist dagegen toxisch unbedenklich (97). Trotz der zuletzt genannten Nachteile des PMMA stellt es nach wie vor das stofflich, technologisch und klinisch mögliche Optimum dar (100). Vertreter aus der Gruppe der Prothesenwerkstoffe sind unter anderem die Produkte Palapress und Weitur-Press.

Für Unterfütterungen von Prothesen stehen harte und weichbleibende Kunststoffe zur Verfügung. Die harten Unterfütterungskunststoffe sind mit den Prothesen-Acryl-Kunststoffen identisch und genauso dauerhaft wie diese (38). Sie sind für die Direktanwendung im Mund gedacht, wobei hier jedoch auf Grund der polymerisationsbedingten hohen Oberflächentemperaturen von durchschnittlich 57 °C die Gefahr von Schleimhautverbrennungen besteht. Außerdem weisen einige Produkte eine hohe Zahl an Oberflächenporositäten auf, welche eine leichtere Anhaftung mikrobieller Plaque erwarten läßt (108). Die harten Unterfütterungsmaterialien kommen immer dann zum Einsatz, wenn die Haftung einer Prothese verbessert werden soll, das Prothesenlager jedoch keine Abnormitäten aufweist (35). Produkte aus dieser Materialgruppe sind das Ufi Gel hard und das Ufi Gel hard C.

In Fällen, in denen eine deutliche Alveolarkammatrophy mit unregelmäßigem Kieferknochen und z.T. scharfen Knochenkanten vorliegt, welche zu mangelhaftem Prothesensitz und schmerzhaften Druckstellen führen, müssen weichbleibende Materialien verwendet werden (33, 35). Außer für Unterfütterungen von herausnehmbarem Zahnersatz werden weichbleibende Kunststoffe zur epithetischen Versorgung von Gesichtsdefekten, zur Herstellung von Obturatoren in der Defektprothetik, zur Anfertigung von individuellen Mundschutzgeräten für Risikosportarten und in der Kieferorthopädie für Positioner angewendet (33, 86, 90, 97, 100).

Bei den weichen Kunststoffen handelt es sich chemisch um eine heterogene Werkstoffgruppe (97, 99, 100). Die besonderen weichen, d.h. viskoelastischen Eigenschaften werden auf drei Wegen erreicht. Bei dem ersten, als „äußere Weichmachung“ bezeichneten Verfahren, werden

dem primär harten Kunststoff sogenannte Weichmacher zugesetzt. Diese schwächen die zwischenmolekularen Kräfte des Werkstoffs und lockern dessen Gefüge auf (99, 100). Häufig sind diese Stoffe Phthalsäureester, die dem Kunststoff in einer Menge bis 80 % zugesetzt werden können (81). Da der Weichmacher keine chemisch feste Verbindung mit dem Grundstoff eingeht, wird er im Munde relativ schnell ausgelaugt. Der Kunststoff erhärtet wieder (33, 99). Zudem wird er mikrobiell infiltriert. Bei der zweiten Möglichkeit, der „inneren Weichmachung“, werden strukturauflockernde Gruppen fest in die Makromoleküle des harten Kunststoffes eingebaut. Dadurch kann der Kunststoff seine Elastizität nicht wieder verlieren. Schließlich gibt es noch die primär weichen Kunststoffe, die locker vernetzt sind und geringe Wechselwirkungen ihrer Makromoleküle aufweisen (99, 100).

Um einen Behandlungserfolg sicherzustellen, werden an weichbleibende Unterfütterungskunststoffe eine Reihe von Anforderungen gestellt. Mundbeständigkeit und Gewebefreundlichkeit, Stabilität des Gefüges, Paßgenauigkeit und Abriebfestigkeit, glatte Oberfläche sowie bequeme Handhabung sind allgemeine Eigenschaften, die auch von Prothesenkunststoffen gefordert werden. Weichbleibende Kunststoffe sollen überdies eine gute Adhäsion zum Prothesenkunststoff, hohe Elastizität und schnelles Rückstellvermögen aufweisen (11, 16, 33, 81, 88).

Bisher ist es jedoch nicht gelungen, diese Forderungen insgesamt zu erfüllen, da sich bei längerfristigem Einsatz weichbleibender Kunststoffe erhebliche Mängel einstellen, wie z.B. Oberflächenveränderung, Ablösung vom Basiskunststoff und Verlust der Elastizität. Aber auch Verfärbungen, fehlende Abrasionsresistenz, Wasseraufnahme und mikrobielle Besiedelung können eine Erneuerung der Unterfütterung nach relativ kurzer Zeit notwendig machen (16, 86, 90, 97). Die Einsatzdauer der weichbleibenden Kunststoffe beschränkt sich somit auf höchstens zwei Jahre (81, 87, 100).

Unterfütterungsmaterialien, die der Vergangenheit angehören, sind der Naturkautschuk und die Polyvinylverbindungen. Weichbleibender Naturkautschuk konnte sich auf Grund seiner Quellfähigkeit, der rauhen Oberfläche und der unbefriedigenden Haftung am harten Kautschuk nicht durchsetzen (80). Die Polyvinylverbindungen verfügten zwar über eine gute Haftung am PMMA (88), der extern zugesetzte Weichmacher (33) wurde jedoch nach kurzer Zeit ausgelaugt (83). Zudem waren die Materialien gewebereizend (81), besaßen eine geringe Abrasionsresistenz (83), nahmen Wasser auf und veränderten ihre Farbe (81).

Später wurden kaltpolymerisierende weichbleibende Akrylate verarbeitet. Da diese den gleichen chemischen Grundstoff besaßen wie die Prothesen-Basis-Kunststoffe, kam es zu einer sehr guten Haftung zwischen beiden (36, 81). Der weiche Zustand der ursprünglich harten Akrylate konnte sowohl durch äußere als auch innere Weichmachung erreicht werden (33, 97). Dies brachte bei den Akrylaten mit äußerer Weichmachung während längerer Tragedauer wiederum den Nachteil des Elastizitätsverlustes durch Auslaugen des Weichmachers mit sich. Die Werkstoffe waren darüber hinaus durch Wasseraufnahme, rasche Alterung und Verfärbung gekennzeichnet (36). Sie werden heutzutage ebenfalls nicht mehr verwendet.

Neben einer Reihe von weiteren Kunststoffen, wie Fluorpolymeren, Polyolefinen und Polyurethanen, haben sich die Silikone bewährt (83). Sie stellen eine außergewöhnlich leistungsstarke und vielseitige Gruppe an Dentalwerkstoffen dar (98). Die chemische Grundlage dieser Materialien bilden Polysiloxan-Ketten, die in ihrem Gerüst neben Silizium- und Sauerstoffatomen auch organische Reste enthalten. Durch Vernetzer werden die hochmolekularen Ketten miteinander verbunden (33, 81). Es lassen sich sämtliche Weichheitsgrade herstellen (45). Da die Resilienz des Materials nicht auf dem Zusatz eines äußeren Weichmachers beruht, bleibt sie während der gesamten Gebrauchperiode erhalten (11).

Nach dem chemischen Reaktionsmechanismus unterscheidet man kondensationsvernetzende Silikone (C-Silikone) und additionsvernetzende Silikone (A-Silikone). Letztere sind den C-Silikonem auf Grund zahlreicher werkstoffkundlicher Eigenschaften bedeutend überlegen. Zu den Nachteilen der C-Silikone zählen die Empfindlichkeit gegenüber organischen Lösungsmitteln (37), die schlechte Abnutzungsresistenz (11, 37) und die fehlende Polierbarkeit (36). Das Hauptproblem der C-Silikone liegt jedoch in ihrem Verbund zum Prothesenbasiskunststoff. Auf Grund ihrer chemischen Struktur haften Silikone nicht am Akrylat-Kunststoff (83). Dieses Problem konnte bei den A-Silikonem bereits durch zuverlässige Verbundsysteme zu harten Prothesenkunststoffen auf PMMA-Basis gelöst werden (26, 101).

Speziell als Unterfütterungsmaterial bewähren sich die A-Silikone durch hohe Elastizität auch unter Extrem- und Dauerbelastung, durch geringe bleibende Verformung und hohe Reißfestigkeit (45, 99). Infolge ihrer Hydrophobie tragen sie durch Entprofilierung der

Schleimhaut zu einer Reizminimierung der abnehmbaren Prothese bei (33, 81, 98). Weiterhin überzeugen die A-Silikone durch Dosierungsempfindlichkeit und Biokompatibilität (34, 98, 99).

Heutzutage dominieren die A-Silikone unter den weichen Kunststoffen (26, 34, 101). Sie stellen jedoch noch nicht das ideale weichbleibende Unterfütterungsmaterial dar. Da eine Politur der A-Silikone nicht möglich ist (34, 101), besitzen die Materialien ungünstige Oberflächenstrukturen, welche zudem durch die schwierige Hygienisierbarkeit der Werkstoffe die Belagbildung fördern (34). Darüber hinaus stellt die Bearbeitung der Materialien im Grenzbereich zwischen A-Silikon und PMMA ein Problem dar (26). Demnach bleibt auch heute noch die permanente weiche Unterfütterung der Prothesenbasis auf Grund der speziellen Problematik der weichbleibenden Materialien auf Sonderfälle mit strenger Indikationsstellung beschränkt (34, 83, 90).

Aus der Werkstoffgruppe der Silikone sind unter anderem die A-Silikone Ufi Gel C, Mollosil plus und Mucopren soft sowie das C-Silikon Mollosil bekannt. Ein den Silikonen verwandtes Fluorelastomer ist das Produkt Flexor.

1.2 Mikrobiologie der Mundhöhle

Mit Gesamtkeimzahlen von bis zu 10^9 Millionen Keimen/ml Speichel stellt die Mundhöhle das mikrobiell am dichtesten besiedelte menschliche Organ dar (6). Es ist bekannt, daß die Keimzahlen individuellen sowie tageszeitlichen Schwankungen unterliegen (2, 3, 9, 56). Unter qualitativer Betrachtung beherbergt die Mundhöhle eine sehr artenreiche Flora (56). Es können nahezu alle Erreger angetroffen werden, die für den Menschen als harmlos oder fakultativ-pathogen gelten. Darüber hinaus lassen sich auch pathogene Keime nachweisen (2, 56).

Von einer „normalen“ Mundflora spricht man, wenn sich die Widerstandsfähigkeit des Organismus und die Zahl und/oder die Virulenz der vorhandenen Mikroorganismen die Waage halten (21). Dabei unterscheidet man eine Standortflora (resident flora) von einer Durchgangsflora (transient flora) (2, 9, 56).

In der Standortflora eines gesunden Erwachsenen sind die Leitkeime der aerob wachsenden Flora orale Streptokokken (60 - 90 %) (2) und Neisserien. In geringeren Zahlen finden sich Haemophilusarten, Staphylokokken, Korynebakterien, Enterokokken sowie vereinzelt auch Enterobakterien und Pseudomonaden (6). Die überwiegende Zahl der Mikroorganismen sind jedoch obligate Anaerobier, welche sich in Schlupfwinkeln wie Interdentalräumen, Zahnfleischtaschen und Tonsillarkrypten optimal vermehren können (2) und die aerob wachsenden Keime um 1-2 Zehnerpotenzen übertreffen (6). Die äußerst artenreiche anaerobe Flora umfaßt gramnegative Arten wie Veillonellen, Prevotellen, Porphyromonas sp., Fusobakterien, Leptotrichien u.a. ebenso wie grampositive Arten, z.B. Actinomyces sp., Laktobazillen und Propionibakterien (2, 3, 6, 49). Auch Protozoen, Mykoplasmen und Sproßpilze gehören – wenn auch nur in geringfügiger Menge – zur Normalflora (9, 56).

Die Durchgangsflora wird von allen Keimen gebildet, die in der Mundhöhle nicht heimisch sind und nur durch exogene oder endogene Einflüsse zeitweilig nachweisbar sind (6). Dazu zählen Darmbakterien ebenso wie apathogene und pathogene Mikroorganismen der Außenwelt (2).

Zahlreiche Faktoren beeinflussen die Menge und Zusammensetzung der oralen Keimflora, so z.B. Temperatur, Feuchtigkeit und pH-Wert der Mundhöhle, Speichel, Schleimhaut- und Gebißzustand, aber auch Mundhygiene, zahnärztliche Versorgung und Ernährungsgewohnheiten (3, 9, 52, 56, 78).

Im Alter kommt es durch Verminderung der Lebensfunktionen und Involution von Organen und Geweben zu atrophischen Erscheinungen an den Mundschleimhäuten und nach Zahnausfall auch am Knochen. Die Regenerationsfähigkeit der Schleimhaut nimmt ab, ebenso die Mundtemperatur. Die Abwehr- und Spülfunktionen des Speichels sind durch verminderte Sekretionsrate, erhöhte Viskosität und Veränderung der Speichelinhaltsstoffe reduziert (9, 78).

Ausgehend von der Mundflora eines Erwachsenen verringern sich bei Zahnausfall im Alter (durch den Verlust der Schlupfwinkel an den Zähnen) die Gesamtkeimzahlen erheblich. Einige Keime, wie z.B. Laktobazillen, Veillonellen oder Sproßpilze, verschwinden dabei z.T. gänzlich (3, 9, 78). Man konnte einen Anstieg von Staphylokokken und Kolibakterien

nachweisen, welcher mit der infolge Eiweißfäulnis und ungepflegter Mundhöhle auftretenden Alkalität des Speichels in Verbindung gebracht wurde (3, 9).

1.3 Einfluß von Prothesen auf die Mikroökologie der Mundhöhle

Mit der Eingliederung einer Prothese werden zwar die ursprünglichen anatomischen Verhältnisse der Mundhöhle wiederhergestellt, allerdings nicht ohne Beeinflussung des oralen Milieus und der Mundflora. Die nun bedeckte Schleimhaut ist der physiologischen Selbstreinigung nicht mehr zugänglich und wird weniger befeuchtet. Zwischen Kunststoff und Schleimhaut entsteht ein anaerobes Milieu mit idealen Lebensbedingungen für Mikroorganismen. Die Retention von Speiseresten ermöglicht ein reiches Nahrungsangebot. Der pH-Wert ändert sich. Durch die schlechte Wärmeleitfähigkeit der Kunststoffe kommt es zu einem Wärmestau unter der Prothese (100).

Eine Störung der normalen Mundflora ist die Folge. War die Gesamtkeimzahl im Zuge des Zahnverlustes drastisch reduziert, so nimmt sie nun auf Grund neuer Schlupfwinkelmöglichkeiten meßbar zu, erreicht aber nicht wieder ihren Ausgangswert. Anaerobier und Aerobier verhalten sich dabei gleichsinnig (3, 78). Verschiedene Keimarten der ursprünglichen Mundflora siedeln sich erneut an, ohne jedoch deren Vielfalt wieder zu erreichen (9). Während Spirochäten und Fusobakterien fehlen (3, 9, 78), nimmt die Kokkenflora wieder zu (52), und auch Laktobazillen und Veillonellen sind wieder vorhanden, nicht selten sogar über ihrem ursprünglichen Niveau (3, 78). Ein ähnliches Verhalten zeigen die Sproßpilze. Sie treten bei Prothesenträgern häufig zahlreicher auf als vor Zahnverlust und sind sogar bei Personen zu finden, bei denen sie vorher überhaupt nicht nachweisbar waren (78). Staphylokokken und Enterobakterien scheinen sowohl bei zahnlosen als auch bei prothesentragenden alten Menschen häufiger vorzukommen als bei Erwachsenen mit vollständigem Gebiß (78).

Die eingegliederte Prothese verändert jedoch nicht nur die Mundflora und die oralen Milieubedingungen, sondern wird selbst von den Mikroorganismen als neuer Lebensraum akzeptiert und besiedelt. Diese auf der Prothesenoberfläche, insbesondere an ausgearbeiteten interdentalen Nischen und an der Prothesenbasis (89) entstehende dichte Schicht aus Mikroorganismen und deren Stoffwechselprodukten wird als Prothesenplaque bezeichnet (62). Hinsichtlich ihrer Entstehungsmechanismen und den beeinflussenden Faktoren ist sie

bereits untersucht worden (4, 15, 69, 71, 91). Ihre qualitative Erforschung ergab, daß sie der Zahnplaque sehr ähnlich ist (4, 62, 71).

Wie die normale Mundflora besteht die Prothesenplaque eines gesunden Patienten überwiegend aus grampositiven Kokken, von denen die Streptokokken gegenüber den Staphylokokken weitaus dominieren. In geringeren Mengen kommen grampositive Stäbchen (vorwiegend Aktinomyzeten, weniger Laktobazillen) sowie gramnegative Kokken (Veillonellen) und Stäbchen vor. Pilze wurden nur in sehr niedriger Zahl ($< 1\%$) nachgewiesen (4, 13, 15, 46, 71). Auch die Prothesenplaque variiert interindividuell (13, 46).

1.4 Folgen der mikrobiellen Besiedelung von Prothesen

Prothesenstomatitis

Wie schon erwähnt, nehmen die Abwehrbereitschaft der Mundschleimhaut und die antibakterielle Wirksamkeit des Speichels mit zunehmendem Alter ab. Damit steigt die Gefahr einer Reizung der Mundschleimhaut durch exogene Faktoren, wie z.B. bakterielle Stoffwechselprodukte (9). Die mikrobielle Plaque einer Prothese stellt ein Reservoir an bakteriellen Substanzen dar und kann somit eine entzündliche Reizung der Mundschleimhaut verursachen. Sie gilt als einer der wichtigsten Faktoren bei der Entstehung einer Prothesenstomatitis (15).

Der Begriff Prothesenstomatitis umschreibt eine Reihe von pathologischen Veränderungen, die nur an den Mundschleimhäuten von Prothesenträgern auftreten (12). Dazu gehören Rötung und Schwellung der Schleimhaut, Trockengefühl, Schleimhautbrennen und papilläre Hyperplasien. Auch Entzündungen an der Zunge und den Lippen im Mundwinkelbereich können auftreten (12, 102). Die Häufigkeitsangaben zur Prothesenstomatitis bei Prothesenträgern schwanken in der Literatur zwischen 25 und 65 % (102).

Als Ursache für diese Erkrankung kommen verschiedene exogene und endogene Faktoren in Frage. Es werden sowohl physikalische Einflüsse, wie flächenhafte mechanische Reibung, Wärmestauung unter der Prothese oder Oberflächenrauigkeiten (8, 9), als auch chemisch-toxische Reize (Restmonomer, Farbstoffe, Katalysatoren) sowie allergische Reaktionen genannt (8, 9, 92). Auch allgemeine Erkrankungen, wie Kreislauferkrankungen,

Bluterkrankungen, Erkrankungen des Verdauungstraktes, Stoffwechselerkrankungen und hormonelle Einflüsse sollen verantwortlich sein (92). Die exakte Ätiologie der Prothesenstomatitis ist noch unbekannt (102). Die mikrobiellen Prothesenbeläge haben als ein wesentlicher Einfluß besondere Beachtung gefunden (8, 9, 12, 15).

In vergleichenden Untersuchungen zur Prothesenplaque bei gesunden Personen und bei solchen mit Prothesenstomatitis wurde festgestellt, daß sich die Beläge morphologisch nicht unterscheiden (13) und jeweils vorwiegend aus Kokken und Stäbchen bestehen (15, 46). Allerdings gab es erhebliche quantitative Unterschiede. So weist die Prothesenplaque bei Prothesenstomatitis eine größere Schichtstärke (15) und signifikant mehr Bakterien und Pilze auf (13).

Eine besondere Bedeutung kommt dem Sproßpilz *C. albicans* zu (9, 14, 91). Im Vergleich zu gesunden Prothesenträgern ist der Anteil an *C. albicans* in der Prothesenplaque bei Prothesenstomatitis deutlich höher (13, 17, 46, 64). Die Pathogenese der Prothesenstomatitis infolge einer Infektion mit *C. albicans* ist in der Literatur bisher nicht genau beschrieben. Breustedt und Schubert (8) verweisen darauf, daß es bei schlechter Mundhygiene unter Prothesen zu einem Abfall des pH-Wertes bis 4,5 kommen kann. Dadurch entstehen besonders günstige Wachstumsbedingungen für *C. albicans* (8, 9, 102). Der Sproßpilz gehört in geringen Mengen zur physiologischen Flora der Mundhöhle (3, 56). Als Auslöser für eine Infektion werden eine gesteigerte Virulenz von *C. albicans*, ihre Vermehrung infolge schlechter Mund- und Prothesenhygiene sowie eine geschwächte Abwehr des Prothesenträgers genannt (9). Man glaubt einerseits, daß saure Substanzen (62) aus dem Sproßpilz in die Schleimhaut diffundieren und dort eine Entzündung auslösen können (17). Andererseits verfügt der Sproßpilz über keratinolytische Enzyme, die die schützende Keratinschicht des Mundhöhlenepithels zerstören. Dies ermöglicht das Eindringen von entzündungserregenden Mundhöhlenkeimen in die Schleimhaut (10). Demnach stellt *C. albicans* nicht – wie seit vielen Jahren angenommen (62) – die alleinige plaquebedingte Ursache einer Prothesenstomatitis dar. Auch die Bakterien der Prothesenplaque sind an dem Geschehen beteiligt (46). So wurde u.a. festgestellt, daß die Anwesenheit von Streptokokken an Kunststoffen die Anlagerung und Kolonisation von *C. albicans* erhöhen kann (76).

Die Bedeutung der Prothesenplaque für die Prothesenstomatitis wird fernerhin dadurch offensichtlich, daß bei Patienten, die ihre Prothese auch nachts und unter Bedingungen einer

schlechten Mundhygiene tragen, häufiger entzündliche Veränderungen an der Mundschleimhaut auftreten (8, 9, 10).

Prothesen als Keimreservoir

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die Mundhöhle neben harmlosen Keimen auch pathogene und fakultativ-pathogene Erreger beherbergen kann. Die Prothesenplaque bleibt davon nicht ausgeschlossen. So konnten auf Prothesen *Staphylococcus aureus*, Pseudomonaden, Enterobakterien, Klebsiellen u.v.a. (25) sowie Mykoplasmen (9) nachgewiesen werden.

Besonders bei schlechter Mundhygiene kann aus solchen Prothesenbelägen ein dauernder Nachschub von Erregern erfolgen, der nicht nur orale, sondern auch ernsthafte systemische Infektionen verursachen kann (23, 25, 85). Das kontinuierliche Verschlucken oder Aspirieren solcher Mikroorganismen setzt vor allem immungeschwächte Patienten einem hohen Infektionsrisiko aus (62).

Auch die sonst harmlose und in geringen Mengen in der Mundhöhle lebende *C. albicans* kann, wie bereits erwähnt, für den Menschen im Rahmen einer oralen oder sogar systemischen Candidiasis gefährlich werden. Dann nämlich, wenn sich ihre Virulenz oder ihre Zahl beträchtlich erhöht (8, 9) oder – und dieser Aspekt ist weitaus bedeutungsvoller – wenn die Abwehrfähigkeit des Wirtes vermindert ist. Dies ist durch verschiedene Umstände möglich (8, 9, 12), wie z.B. Allgemeinerkrankungen und pharmakologisch-chemische Einflüsse.

Keimübertragung in der zahnärztlichen Praxis

Der Arbeitsbereich eines Zahnarztes bietet zahlreiche Möglichkeiten der mikrobiellen Beeinflussung. So kann es durch bereits getragenen Zahnersatz zu einer Keimübertragung auf den Zahnarzt und sein Personal bis hin zum Zahntechniker im Labor kommen. Auch der umgekehrte Weg ist nicht auszuschließen (77). Zudem ist eine Keimübertragung von Patient zu Patient möglich, z.B. durch unzureichend desinfiziertes zahnärztliches Instrumentarium (40). Zahnersatz soll entsprechend desinfiziert werden, bevor er in der Praxis benutzt oder ins Labor verschickt wird (54).

Veränderungen am Prothesenkunststoff

Die Mikroorganismen der Prothesenplaque können nicht nur Entzündungen der Mundschleimhaut und systemische Infektionen hervorrufen, sondern auch zu Veränderungen am Prothesenkunststoff führen. Man kennt spezielle Keimarten, die für Verfärbungen an der Prothese verantwortlich sind (48). Mikroorganismen sind auch in der Lage, Struktur und Eigenschaften des Kunststoffes im Rahmen einer mikrobiellen Korrosion zu beeinflussen.

Wie alle Organismen benötigen Bakterien für die Synthese zelleigener organischer Stoffe eine Kohlenstoffquelle. Von dieser hängen bei sonst ausreichendem Nährstoffangebot Wachstum und Vermehrung ab (21). Kunststoffe, wie sie zur Herstellung von Prothesen verwendet werden, können als Kohlenstoffquelle für Mikroorganismen dienen. Der korrosive Abbau betrifft dabei weniger das Kunststoffgerüst, vielmehr werden Hilfsstoffe, wie Weichmacher, Stabilisatoren und Katalysatoren angegriffen. In besonderem Maße gilt dies für Weichmacher (48). In entsprechenden Versuchen konnte festgestellt werden, daß bestimmte Keime, so z.B. *Pseudomonas aeruginosa* und *Candida lipolytica*, weiche Kunststoffe auf Akrylatbasis verwerten können, während *S. aureus* und zwei Streptokokkenstämme dazu nicht in der Lage waren (19, 21). Der Abbau des Weichmachers durch Mikroorganismen führt einerseits zu Inhomogenitäten des Kunststoffes, welche das nachfolgende Einwandern von Mikroorganismen begünstigen (21) und andererseits zur Versprödung und damit zur Unbrauchbarkeit des Kunststoffes (48).

1.5 Einfluß von Kunststoffen auf die mikrobielle Besiedelung

Die innere und äußere Struktur von Kunststoffen bietet günstige Voraussetzungen für eine Ansiedlung von Mikroorganismen. Durch Verarbeitungsfehler entstandene Porositäten und Vakuolen erhöhen die Quellfähigkeit des Kunststoffes (92) und stellen feuchte Kammern dar, die bei ausreichender Nahrungszufuhr das Wachstum von Mikroorganismen fördern (21). Wie bereits erwähnt, kann dabei der Kunststoff selbst auf Grund der in ihm enthaltenen Substanzen als Nahrungsquelle dienen (19, 48). Besitzen die Kunststoffe eine poröse Struktur und hydrophile Seitenketten, steigt die Fähigkeit zur Wasseraufnahme in erheblichem Maße (50), wodurch es u.a. zur Auflockerung der Oberflächenstruktur kommen kann (32).

Die Beschaffenheit der Kunststoffoberfläche stellt mit Sicherheit die bedeutsamste werkstoffbedingte Voraussetzung für die mikrobielle Besiedelung des Kunststoffes dar. Nach üblicher Bearbeitung ist die Oberfläche einer Prothese nur scheinbar homogen. Sie bietet dadurch Nahrungsresten, Zerfallsprodukten und Bakterien hervorragende Retentionsmöglichkeiten (1, 18). Die Anlagerung von Mikroorganismen auf einer Oberfläche ist ein entscheidender Schritt für eine erfolgreiche Kolonisation und mögliche Infiltration des Werkstoffes (91). In entsprechenden Untersuchungen wurden auf rauhen Oberflächen signifikant höhere Keimzahlen nachgewiesen als auf glatten Oberflächen (70, 85). Auch führte eine Reduzierung der Rauigkeit zu deutlicher Abnahme der Plaquebildung (69). Heutzutage ist daher das Ziel jeder Oberflächenbearbeitung eine möglichst glatte Oberfläche (73, 85).

Die Bearbeitung weicher Kunststoffe ist jedoch schwierig (97) und eine Politur der Oberfläche nicht möglich (100). Die Materialien werden durch fehlende Abrasionsresistenz (16, 83) und durch das Einwirken mancher Prothesenreiniger (16) an ihrer Oberfläche nachteilig verändert. Enthalten sie externe Weichmacher, so können diese im Rahmen einer mikrobiellen Korrosion das Wachstum korrosiv angreifender Mikroorganismen fördern (48). Die durch den Weichmacherverlust entstehenden Porositäten innerhalb des Kunststoffes bieten zudem eindringenden Mikroorganismen einen günstigen Lebensraum (21).

1.6 Problematik der Reinigung von Kunststoffen

Die vorangegangenen Ausführungen machen die Notwendigkeit einer vollständigen Plaqueentfernung deutlich. Diese ist bei harten Prothesenkunststoffen durch regelmäßige und sorgfältige Reinigung mit lauwarmen Wasser und weicher Bürste sowie der zusätzlichen Anwendung „selbsttätiger“ Prothesenreiniger in ausreichendem Maße möglich (100). Weichbleibende Kunststoffe erscheinen dagegen wiederum als nachteilige Materialien, da ihre Reinigung nicht unproblematisch ist (23, 53).

Eine mechanische Reinigung mittels Bürste verbietet sich auf Grund der fehlenden Abrasionsresistenz der weichen Materialien und der darausfolgenden Oberflächenschädigung (103). Mittel der Wahl seien chemische Reiniger (60). Sie sind zwar zur Reduzierung der Keimzahlen in der Lage (24, 60, 105), können aber zu Veränderungen der Oberfläche

führen (71). Chemische Reinigungsmittel müssen daher mit dem jeweiligen weichbleibenden Material kompatibel sein (60).

Die Verwendung antimikrobieller Lösungen, z.B. Chlorhexidin oder Hypochlorit, stellen wegen Verfärbung oder Bleichen des Kunststoffes (12) eine ebenso nicht zufriedenstellende Möglichkeit zur Reinigung dar wie der Einbau von antibakteriellen Substanzen in den Kunststoff. Diese können Resistenzen verursachen und durch den Speichel neutralisiert werden (103). Die Untersuchung lackierter Oberflächen führte nach einigen Wochen zu vermehrter Plaqueakkumulation und sogar zu zunehmender Oberflächenrauigkeit (73). Dagegen wurden auf versiegelten Oberflächen signifikant weniger Pilze und Bakterien nachgewiesen, weshalb dieses Verfahren zumindest im kurzfristigen Einsatz als nützlich angesehen wird (55). Nach Aufbringen einer Polysaccharidschicht auf die Kunststoffoberfläche wurde ebenfalls eine deutliche Verminderung der bakteriellen Adhärenz beobachtet (103).

2 Aufgabenstellung

Bisher gab es nur wenige Untersuchungen zur mikrobiellen Besiedelung von weichbleibenden Unterfütterungskunststoffen. Viele Arbeiten beschränkten sich zudem auf die Kolonisation der Materialien mit *C. albicans*. Es soll Gegenstand der vorliegenden Arbeit sein, das Verhalten von aktuell in der zahnärztlichen Praxis verwendeten Unterfütterungsmaterialien gegenüber Mikroorganismen in einer experimentellen und einer klinischen Studie zu analysieren.

In der experimentellen Studie soll an fünf weichbleibenden und einem harten Unterfütterungskunststoff die initiale Adhärenz von ausgewählten Keimarten untersucht werden. Anhand der Ergebnisse werden die einzelnen Materialien hinsichtlich ihrer mikrobiellen Besiedelung mit einem harten Prothesenkunststoff verglichen. Dabei interessieren insbesondere der Einfluß der Materialalterung und der Oberflächenrauigkeit. Die Diskussion der experimentellen Studie wird sich mit der Einschätzung der Untersuchungsergebnisse und der Betrachtung in Frage kommender Ursachen beschäftigen.

Ziel der klinischen Studie soll es sein, eine Aussage über den Einfluß von Unterfütterungskunststoffen auf die Mikroflora der Mundhöhle zu ermöglichen. Dabei wird der Frage nachzugehen sein, inwieweit die verwendeten Unterfütterungsmaterialien (ein weichbleibender und zwei harte Kunststoffe) im Vergleich zu einem Prothesenkunststoff die physiologische Mundflora beeinflussen, in welchem Maße sie von den Mikroorganismen der Mundhöhle besiedelt werden und worin die Ursachen dafür zu sehen sind. Zu klären ist weiterhin, ob die Kunststoffe in der Lage sind, die Ansiedlung von pathogenen Mikroorganismen in der Mundhöhle zu begünstigen. Die Ergebnisse der klinischen Untersuchungen bei unseren Patienten sollen darüber hinaus hinsichtlich bestehender Zusammenhänge zwischen Prothesenstomatitis, Keimflora und Werkstoffen analysiert und diskutiert werden.

3 Experimentelle Studie

3.1 Material und Methode

3.1.1 Werkstoffe

In Tabelle 1 sind die Kunststoffe der experimentellen Untersuchung zusammengestellt und anhand von Herstellerinformationen charakterisiert (75, 88, G1, G2, G3, G4, G5, G7, G8). Es wurden ein harter und fünf weichbleibende Unterfütterungskunststoffe sowie als Vergleichsmaterial ein Prothesenbasiskunststoff ausgewählt.

Tabelle 1: Verwendete Produkte der experimentellen Studie

Produkt/Hersteller	Chem. System	Verarbeitungsmodus	Lieferform	Charge
Weichbleibende Kunststoffe				
Ufi Gel C Voco, Cuxhaven	A-Silikon	direkt und indirekt; Kaltpolymerisation	Doppel- kartusche	83144
Mollosil Detax, Ettlingen	C-Silikon	direkt; Kaltpolymerisation	Paste, Flüssigkeit	941202
Mollosil plus Detax, Ettlingen	A-Silikon	direkt und indirekt; Kaltpolymerisation	Doppel- kartusche	991003
Flexor Weil-Dental, Rosbach	Silikonver- wandtes Fluorelastomer	indirekt; Heißpolymerisation	Paste	612035 Isolierung: 525062
Mucopren soft Kettenbach, Eschenburg	A-Silikon	direkt und indirekt; Kaltpolymerisation	Doppel- kartusche	0499
Harte Kunststoffe				
Ufi Gel hard C Voco, Cuxhaven	Dimethacrylat mit Füllstoffen	direkt und indirekt; Kaltpolymerisation	Doppel- kartusche	06074
Palapress Heraeus Kulzer, Wehrheim	MMA/PMMA	indirekt; Kaltpolymerisation	Pulver, Flüssigkeit	Pulver: 1886 Flüssigkeit: 924

Prüfkörper-Herstellung

Ziel dieses Arbeitsschrittes war es, von allen zu untersuchenden Kunststoffen Prüfkörper mit optimalen Eigenschaften und identischen Abmessungen herzustellen. Die Verarbeitung der Materialien erfolgte jeweils genau nach den produkteigenen Gebrauchsanleitungen (G1, G2, G3, G4, G5, G7, G8).

Zunächst wurden Kunststoffplatten der Abmessung 65 x 55 x 2 mm hergestellt. Als Formen dienten in der Zahntechnik übliche Küvetten, in welche jeweils ein standardisierter Maßkörper eingebettet wurde. Dieser Maßkörper mit den Abmessungen 65 x 55 x 2 mm bestand aus RSB-Foliflex (RSB-Dentalgeräte GmbH, Oberndorf a.N.), einem weichen transparenten Plattenmaterial auf Silikonbasis. Für jedes Material wurde eine eigene Küvette benutzt. Der verwendete Gips war Modelit (Typ III-Gips; Dr. Böhme & Schöps Dental GmbH), welcher nach Herstellerangaben und unter Vakuum verarbeitet wurde.

Zu Beginn wurde die untere Küvettenhälfte mit Gips gefüllt und der Maßkörper mit einem Abstand von 1cm zum Küvettenrand eingebracht. Nach 30minütiger Aushärtezeit des Gipses erfolgte die Gips-Gips-Isolation mit picodent-Isoliermittel (picodent, Wipperfurth). Anschließend wurde in die obere Küvettenhälfte Gips eingebracht und die Küvette dann verschlossen.

Ufi Gel C: Die Gipsküvette wurde mit Aislar-Isoliermittel (Heraeus Kulzer, Wehrheim) benetzt. Die Mischung der Komponenten erfolgte in der Mischkanüle des Kartuschensystems. Erst 2 bis 5 Minuten nach Aufbringen des Materials durfte die Küvette geschlossen werden. Sie wurde anschließend mit einem Bügel für 15 Minuten in einen Drucktopf mit 40 - 45 °C warmem Wasser gegeben. Nach einer darauffolgenden Abkühlzeit von 20 Minuten konnte die Kunststoffplatte entnommen werden.

Mollosil: Zur Küvettenisolierung wurde ebenfalls Aislar verwendet. Paste und Katalysator wurden vorschriftsgemäß auf dem zum Set gehörenden Anrührblock dosiert. Für eine Kunststoffplatte wurden 14 cm Pastenstrang mit 7 Tropfen Katalysator ca. 1 Minute lang gemischt und anschließend in die Küvette eingebracht. Die Aushärtung fand innerhalb von 20 Minuten in einer Presse unter 4 t Belastung statt.

Mollosil plus: Wie bei Ufi Gel C wurde das Material aus der Doppelkartusche in die mit Aislar benetzte Küvette gegeben. Die geschlossene Küvette wurde dann für 10 Minuten unter 4 t belastet.

Flexor: Bei diesem Unterfütterungskunststoff wurde die zum System gehörende Flexor-Isolierung benutzt. Die Paste wurde mit einem Spatel eingebracht und die Küvette anschließend 20 Minuten unter 4 t Belastung gesetzt. Danach mußte sie in einem Bügel in ein handwarmes Wasserbad gelegt werden, welches langsam auf 100 °C erwärmt wurde. Unter Beibehalten dieser Temperatur durfte die Küvette nach 2 Stunden wieder entnommen werden und dann an der Luft langsam abkühlen.

Mucopren soft: Nachdem die Gipsküvette mit Aislar isoliert wurde, erfolgte das Aufbringen des Materials aus der Doppelkartusche. Die Küvette wurde im Anschluß daran für 10 Minuten unter 4 t Belastung gesetzt.

Ufi Gel hard C: Die Isolierung der Küvette wurde bei Ufi Gel hard C mit Silikon-Öl vorgenommen. Der Kunststoff konnte leicht mit der Mischpistole appliziert werden. Die Aushärtung (20 Minuten) erfolgte in einem Drucktopf bei ca. 40 °C. Es war darauf zu achten, daß kein Luftsauerstoff diesen Prozeß störte.

Palapress: Die Küvettenisolierung erfolgte mit Aislar. Pulver und Flüssigkeit wurden nach dem vom Hersteller angegebenen Mischungsverhältnis dosiert. Für eine Kunststoffplatte wurden 14 ml Flüssigkeit in ein Anmischgefäß gegeben, 20 g Pulver rasch hinzugefügt und sofort 15 Sekunden lang umgerührt. Nach etwa 2 Minuten mußte die Masse in noch gießfähigem Zustand in die Küvette eingebracht werden. Danach wurde die Küvette für 10 Minuten unter 4 t Belastung gesetzt und anschließend für 15 Minuten im Bügel in einen Drucktopf gegeben. Der Druck betrug 2 bar. Zuletzt konnte die Kunststoffplatte entnommen werden.

Aus den Kunststoffplatten wurden die definitiven Prüfkörper mit einer Abmessung von 10 x 10 x 2 mm hergestellt. Die Prüfkörper der weichbleibenden Kunststoffe wurden mit einem Papierschnittgerät, die der harten Kunststoffe auf einer Drehbank zugeschnitten.

Künstliche Alterung

Die Prüfkörper wurden in Anlehnung an die DIN 53508 (N1) künstlich gealtert. Ziel dieser Maßnahme war, die bei den Kunststoffen während ihrer Gebrauchsperiode auftretenden Alterungsprozesse beschleunigt herbeizuführen. Dies geschah durch Lagerung bei erhöhter Temperatur. Hierzu wurden jeweils 25 Prüfkörper eines Fabrikates in ein steriles Kunststoffröhrchen (PP-Röhrchen, steril, 50 ml; Greiner-Labortechnik) gefüllt. Nach Zugabe von 25 ml sterilem synthetischen Speichel (ISO 10993) wurden die Röhrchen verschlossen und in ein Wasserbad gestellt. Hier vollzog sich der Alterungsprozeß bei 70 °C. Nach jeweils 48 Stunden wurde der Speichel erneuert. 7 Tage später wurden die Prüfkörper entnommen, mit sterilem Aqua dest. abgespült und sofort für den Versuch verwendet.

Oberflächenrauigkeit

Mit Hilfe des Rauigkeitsmeßgerätes Hommeltester T1000 und dem Computerprogramm Hommeltester Turbo-Datawin wurde der Mittenrauhwert der Prüfkörperoberflächen ermittelt. Bei jedem Kunststoff- und Alterungstyp wurden von drei Prüfkörpern jeweils fünf Rauigkeitswerte bestimmt und im Anschluß gemittelt. Die geprüften Oberflächen waren weder poliert noch in einer anderen Weise bearbeitet. Ihre Beschaffenheit resultierte aus der Gipsoberfläche, welche die Oberfläche der RSB-Foliflex-Platte wiedergab, aus dem Isoliermittel und der Struktur der einzelnen Kunststoffe.

3.1.2 Mikrobiologische Untersuchungen

Mikroorganismen

Die Mikroorganismen für die experimentellen Untersuchungen sind im folgenden aufgeführt. Ihre Auswahl beruhte auf den Ergebnissen der In vivo-Untersuchungen sowie ihrer klinischen Relevanz.

Mikroorganismen mit Labornummer:

- *Streptococcus salivarius* DSM 20560 (Laborstamm)
- *Streptococcus sanguis* DSM 20567 (Laborstamm)
- *Enterobacter cloacae* J-GO 132 (klinisches Isolat)
- *Klebsiella oxytoca* J-GO 120 (klinisches Isolat)
- *Candida albicans* J-GO 192 (klinisches Isolat)

Die Bakterienstämme wurden 24 Stunden, *C. albicans* dagegen 48 Stunden vorkultiviert. Die Bebrütung der Streptokokken erfolgte bei 37 °C mit 5 % CO₂, die gramnegativen Keime und *C. albicans* wurden bei 37 °C aerob inkubiert.

Nährmedien und synthetischer Speichel

In den Tabellen 2 und 3 sind die verwendeten Nährmedien mit den auf und in ihnen kultivierten Spezies aufgelistet.

Tabelle 2: Feste Nährmedien

Nährmedium	Hersteller	Spezies
Columbia-Agar (mit 7 % Schafblut)	Oxoid®, Wesel, Deutschland	<i>S. salivarius</i> <i>S. sanguis</i>
Winkle-Agar	Eigene Herstellung (Zusammensetzung: Columbia Agar Basis 39 g, Aqua dest 1000 ml, Lactose 10, 0,5 %ige Bromthymolblau- Lösung 20 ml, Rodaponlösung 5,5 ml)	<i>E. cloacae</i> <i>K. oxytoca</i>
Sabouraud Chlor- amphenicol-Agar	BioMerieux®, Marcy l'Etoile, Frankreich	<i>C. albicans</i>

Tabelle 3: Flüssige Nährmedien

Nährmedium	Hersteller	Spezies
Hirn-Herz-Glucose- Bouillon	Oxoid®, Wesel, Deutschland	<i>S. salivarius</i> <i>S. sanguis</i> <i>E. cloacae</i> <i>K. oxytoca</i>
Sabouraud- Nährmedium	Immunpräparate Berlin, Deutschland	<i>C. albicans</i>

Für die Verdünnungsreihen wurde sterile, isotonische NaCl-Lösung verwendet.

Der synthetische Speichel nach CEN: 30993 (ISO 10993) bestand aus:

- 0,7 g Natriumchlorid
- 0,26 g Dinatriumhydrogenphosphat
- 0,33 g Kaliumthiocyanat
- 0,2 g Kaliumdihydrogenphosphat
- 1,5 g Natriumcarbonat
- 1,2 g Kaliumchlorid

ad 1000 ml

(pH=7,4; Sterilfiltration)

Er wurde zusätzlich mit 2,5 g Mucin (Sigma) angereichert.

3.1.3 Versuchsdurchführung

Vorversuch zur Bestimmung der logarithmischen Wachstumskurve

Da sich die Wachstumsgeschwindigkeiten der verwendeten Keime physiologischerweise unterscheiden, war es notwendig, die Zeitpunkte für die Bestimmung der Keimzahlen in einem Vorversuch zu ermitteln. Im späteren Hauptversuch sollten die Keime in eine Nährlösung gegeben werden und in dieser ohne weitere Nährstoffzufuhr sowie ohne Abfuhr von Stoffwechselprodukten wachsen. Einen solchen Vorgang bezeichnet man als statische Kultur (74). In dieser verläuft das Wachstum in charakteristischen Phasen ab, welche durch Wachstumskurven dargestellt werden können. Im Hauptversuch galt das Augenmerk der zwischen Anlaufphase und stationärer Phase liegenden logarithmischen Wachstumsphase. In dieser Zeit unterliegen die Keime einer ungestörten Vermehrung und werden nicht durch toxische Produkte abgestorbener Zellen, wie sie in der folgenden stationären Phase auftreten, beeinflusst.

Zur Bestimmung der Wachstumskurve eines Keimstammes wurde zunächst eine Keimsuspension der Keimdichte McFarland-Standard 4 (entspricht $1,2 \times 10^9$ Keime/ml) hergestellt. 0,1 ml dieser Lösung wurden anschließend in ein Gefäß mit 5 ml sterilem, synthetischen Speichel sowie 5 ml Nährstoffbouillon gefüllt. Es folgte die aerobe Inkubation in einem Brutschrank bei 37 °C. Zu den Zeitpunkten 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10 und 12 Stunden nach Beginn des Wachstums wurden jeweils Verdünnungsreihen vorgenommen. Von den einzelnen Verdünnungsstufen wurden anschließend je 0,1 ml auf die den Keimen

entsprechenden Nährstoff-Agar-Platten gespatelt. Nach Inkubation der Nährböden konnte die Auszählung der KBE (koloniebildenden Einheiten) sowie deren Verrechnung mit der jeweiligen Verdünnungsstufe vorgenommen werden.

Aus den ermittelten Wachstumskurven war ersichtlich, daß sich im Zeitraum ein bis vier Stunden nach Inkubationsbeginn alle Keimstämme in der logarithmischen Wachstumsphase befanden. Daraus ableitend wurde für den Hauptversuch festgelegt, daß die Bestimmung der Keimzahlen zwei Stunden nach Wachstumsbeginn erfolgen sollte.

Hauptversuch zur Keimanlagerung in vitro

Ziel des Hauptversuches war es, die Anlagerung der Keimstämme an den neuen sowie den gealterten Prüfkörpern der verschiedenen Kunststoffe zu untersuchen.

Zu Beginn einer Versuchsreihe lagen von jedem Kunststoff zehn neue, steril hergestellte und zehn steril gealterte Prüfkörper vor. Diese wurden zunächst für eine Stunde in sterile Glaspetrischalen mit ca. 30 ml sterilem, synthetischen Speichel eingelegt. Während dieser Zeit wurden mehrere Röhrchen (PP-Röhrchen, steril, 15 ml; Greiner-Labortechnik) mit jeweils 4 ml flüssigem Nährmedium gefüllt. Anschließend wurden in Erlenmeyer-Kolben von dem Keimstamm dieser Versuchsreihe Keimsuspensionen mit einer Keimdichte nach McFarland-Standard 4 hergestellt. Von diesen wurden dann jeweils 1 ml in die Röhrchen mit dem Nährmedium gegeben. Die dem Speichel entnommenen Prüfkörper wurden nun ebenfalls einzeln auf die Röhrchen verteilt. Nach Durchmischung erfolgte für zwei Stunden die Inkubation der Röhrchen in einen Brutschrank bei 37 °C . In dieser Zeit fand die Keimanlagerung statt.

Im Anschluß daran wurden die Prüfkörper einzeln auf neue Röhrchen (PS-Röhrchen, TC, steril, 14 ml; Greiner-Labortechnik) übertragen, in welchen sich je 2 ml sterile NaCl-Lösung befanden. Der nächste Schritt bestand in der Ablösung der Keime von den Prüfkörpern. Dies geschah mittels Ultraschall. Jeder Prüfkörper wurde 20 Ultraschallimpulsen in einer Intensität von 130 Watt ausgesetzt. Von der Kochsalzlösung mit den abgelösten Keimen wurden nach entsprechender Verdünnung (1:10 bis 1:10000) jeweils 0,1 ml auf die festen Nährmedien überimpft. Nach 24- bzw. 48-stündiger Inkubation konnte durch Auszählen der koloniebildenden Einheiten (KBE) und Multiplikation mit dem Verdünnungsfaktor die Keimzahl pro Prüfkörper bestimmt werden.

3.1.4 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen

Um die mikrobielle Anlagerung und die Prüfkörperoberflächen visuell beurteilen zu können, wurden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Ultrastrukturforschung am Klinikum der Friedrich-Schiller-Universität Jena rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen angefertigt. Verwendet wurden hierzu Prüfkörper des harten Unterfütterungskunststoffes Ufi Gel hard C, des weichen Materials Mollosil und des Prothesenkunststoffes Palapress, welche analog dem Versuchsvorgang mit *S. sanguis*, *E. cloacae* und *C. albicans* in Kontakt gebracht wurden.

Zur Vorbereitung für die REM-Aufnahmen wurden die Proben der harten Kunststoffe kritisch-Punkt-getrocknet. Die Mollosil-Prüfkörper konnten nur luft-getrocknet werden, da die Kritisch-Punkt-Trocknung die Oberfläche des weichen Materials zerstörte. Im rasterelektronenmikroskopischen Bild ließen sich anschließend ausgewählte Stellen der Prüfkörperoberflächen optisch darstellen.

3.1.5 Statistische Auswertung

Die Ergebnisse der Besiedelung der Prüfkörper sowie die ermittelten Oberflächenrauigkeiten wurden mit dem Mann-Whitney-Test statistisch ausgewertet. Zum Nachweis von Korrelationen diente der Spearman-Test.

3.2 Ergebnisse

3.2.1 Resultate der Keimzahlbestimmung

Es folgt die Darstellung der gemittelten Keimzahlen, die bei den Prüfkörpern nach zweistündiger Inkubation bestimmt wurden. Anhand dieser wird die mikrobielle Besiedelung der Kunststoffe bewertet. Zum einen werden dabei die verschiedenen Unterfütterungskunststoffe mit dem Prothesenkunststoff Palapress verglichen und zum anderen wird eine Gegenüberstellung der neuen und der gealterten Kunststoffe vorgenommen.

Streptococcus salivarius

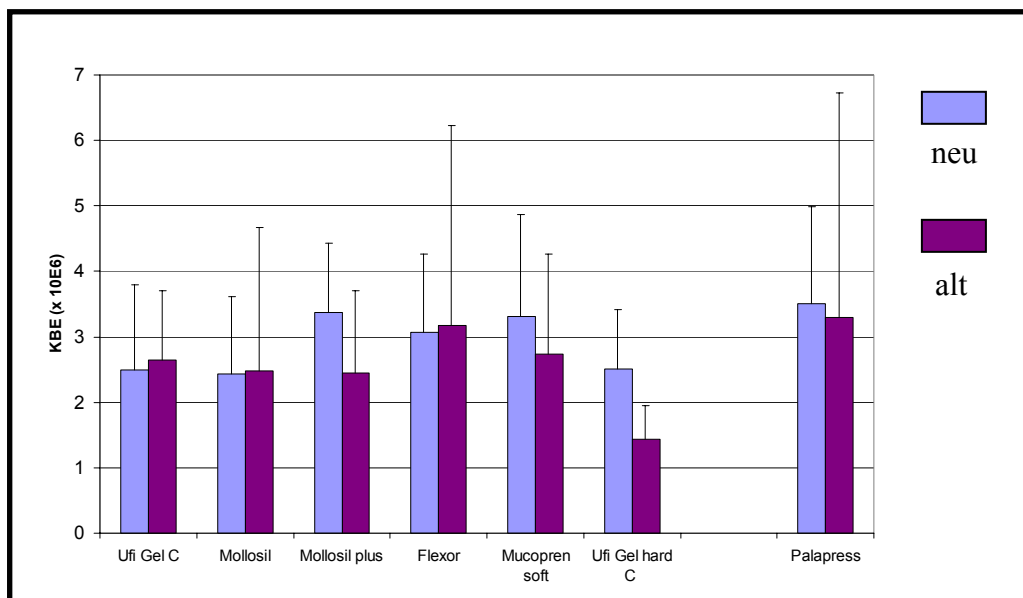


Abb. 1: Keimzahlen (KBE) von *S. salivarius* auf neuen und gealterten Kunststoffen;
Mittelwerte und Standardabweichungen

Besiedelung der neu hergestellten Kunststoffe

Der Abb. 1 ist zu entnehmen, daß sich *S. salivarius* auf allen Unterfütterungskunststoffen, insbesondere auf Mollosil, Ufi Gel C und Ufi Gel hard C, geringer anlagerte als auf Palapress. Statistisch erwies sich dieses jedoch als nicht signifikant.

Besiedelung der gealterten Kunststoffe

Auch die gealterten Unterfütterungskunststoffe wurden von *S. salivarius* weniger besiedelt als der Prothesenkunststoff. Besonders Ufi Gel hard C wies niedrige Keimzahlen auf. Jedoch waren diese Resultate ebenfalls nicht statistisch zu sichern.

Vergleich der neuen mit den gealterten Kunststoffen

Auf den gealterten Materialien zeigten Ufi Gel C, Mollosil und Flexor nur geringfügig höhere Keimzahlen als auf den neu hergestellten. Von den restlichen Kunststoffen, bei denen im Zuge der Alterung eine Abnahme der Keimzahlen zu verzeichnen war, konnte diese Veränderung nur bei Mollosil plus und Ufi Gel hard C statistisch gesichert werden ($p < 0,05$).

Streptococcus sanguis

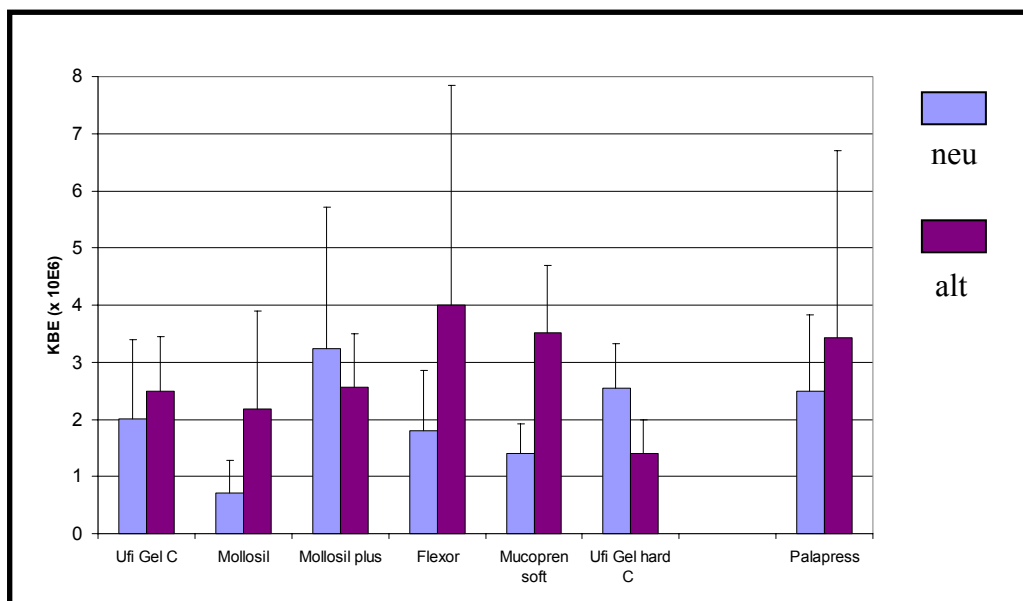


Abb. 2: Keimzahlen von *S. sanguis* auf neuen und gealterten Kunststoffen;
Mittelwerte und Standardabweichungen

Besiedelung der neu hergestellten Kunststoffe

Abb. 2 zeigt, daß - verglichen mit Palapress - bei Ufi Gel C, Mollosil, Flexor und Mucopren soft geringere Keimzahlen festzustellen waren. Der Wert von Mollosil war dabei der einzige, der sich signifikant von dem des Prothesenkunststoffes unterschied ($p < 0,01$). Für die höheren Keimzahlen bei Mollosil plus konnte keine Signifikanz nachgewiesen werden.

Besiedelung der gealterten Kunststoffe

S. sanguis adhärte am geringsten auf gealtertem Ufi Gel hard C. Dieser wie auch alle anderen Werte der gealterten Unterfütterungskunststoffe wichen dennoch nicht signifikant von dem des gealterten Palapress ab.

Vergleich der neuen mit den gealterten Kunststoffen

Bis auf Mollosil plus und Ufi Gel hard C konnte bei allen Materialien eine Zunahme der Keimzahl festgestellt und für Mollosil und Mucopren soft als signifikant belegt werden ($p < 0,05$ und $p < 0,01$). Das gegenteilige Ergebnis von Mollosil plus und Ufi Gel hard C war nur bei letzterem signifikant ($p < 0,05$).

Enterobacter cloacae

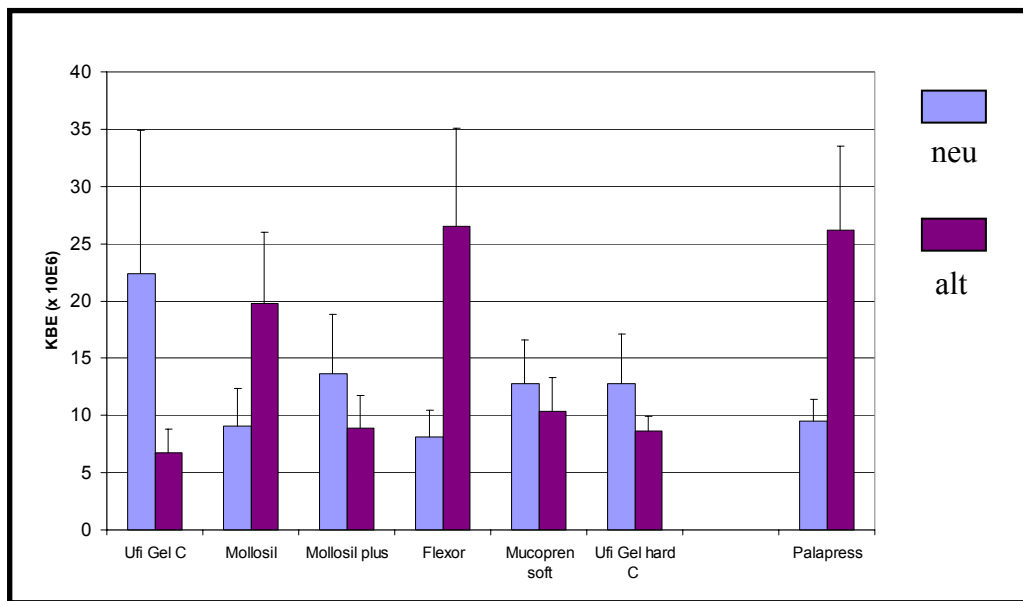


Abb. 3: Keimzahlen (KBE) von *E. cloacae* auf neuen und gealterten Kunststoffen;
Mittelwerte und Standardabweichungen

Besiedelung der neu hergestellten Kunststoffe

Aus Abb. 3 wird ersichtlich, daß bei *E. cloacae* im Vergleich zum Palapress deutlich höhere Keimzahlen auf Ufi Gel C und Mollosil plus gefunden wurden ($p < 0,05$ und $p < 0,01$). Dabei wies Ufi Gel C den höheren Wert auf. Ufi Gel hard C und Mucopren soft ließen auch die Tendenz zu höheren Keimzahlen erkennen, jedoch ohne signifikanten Unterschied zum Palapress.

Besiedelung der gealterten Kunststoffe

Im gealterten Zustand wurden bis auf Flexor alle Unterfütterungskunststoffe geringer mit *E. cloacae* besiedelt als Palapress. Dies konnte statistisch belegt werden (Ufi Gel C und Mollosil plus $p<0,001$; Mollosil und Mucopren soft $p<0,05$; Ufi Gel hard C $p<0,01$). Die niedrigste Keimzahl wurde hier bei Ufi Gel C ermittelt.

Vergleich der neuen mit den gealterten Kunststoffen

Verglichen mit den neu angefertigten Materialien hemmten die drei A-Silikone Ufi Gel C, Mollosil plus und Mucopren soft sowie der harte Unterfütterungskunststoff Ufi Gel hard C in gealterter Form die Anlagerung von *E. cloacae* (Ufi Gel C ($p<0,01$) und Ufi Gel hard C ($p<0,05$)). Mollosil und Flexor förderten dagegen die Anhaftung des Keimes ($p<0,01$). Bei Palapress war auch eine Tendenz zur Keimzunahme zu beobachten, jedoch ohne Signifikanz.

Klebsiella oxytoca

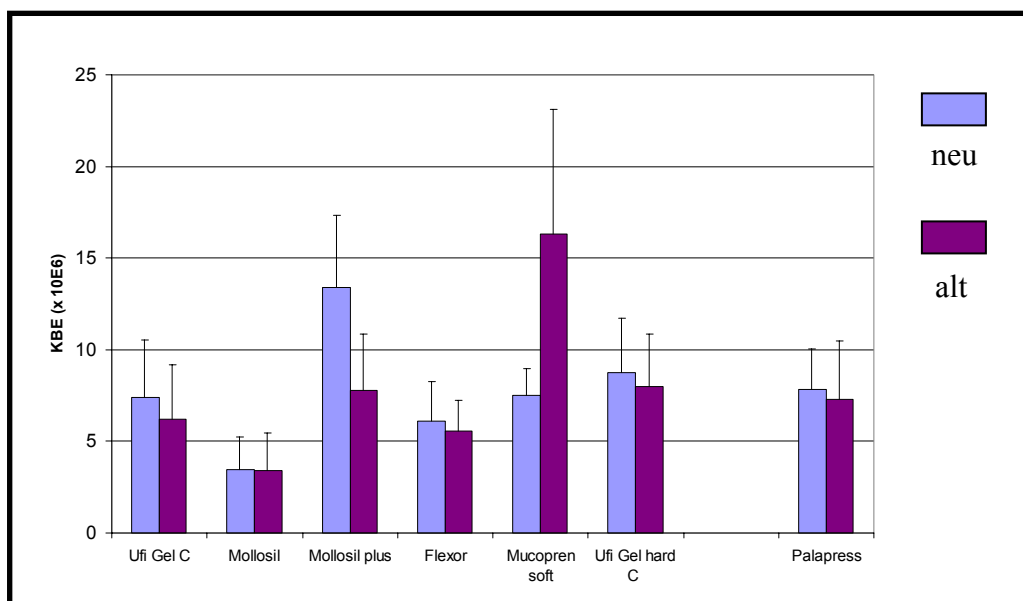


Abb. 4: Keimzahlen (KBE) von *K. oxytoca* auf neuen und gealterten Kunststoffen;
Mittelwerte und Standardabweichungen

Besiedelung der neu hergestellten Kunststoffe

Wie die Abb. 4 veranschaulicht, wurde Mollosil von *K. oxytoca* wesentlich geringer ($p<0,01$) und Mollosil plus deutlich mehr ($p<0,01$) besiedelt als Palapress. Sonstige signifikante Unterschiede konnten nicht festgestellt werden.

Besiedelung der gealterten Kunststoffe

Bei den gealterten Kunststoffen wurden wieder für Mollosil geringere Keimzahlen ermittelt ($p < 0,01$). Die höchste Besiedelung mit *K. oxytoca* war auf Mucopren soft zu verzeichnen ($p < 0,001$). Die anderen Kunststoffe unterschieden sich nicht signifikant vom Palapress.

Vergleich der neuen mit den gealterten Kunststoffen

Abb. 4 läßt deutlich erkennen, daß Mucopren soft den einzigen Kunststoff darstellt, der nach der künstlichen Alterung eine höhere Besiedlung mit *K. oxytoca* aufwies als zuvor ($p < 0,01$). Die im gealterten Zustand geringeren Keimzahlen an den anderen Kunststoffen konnten nur für Mollosil plus statistisch belegt werden ($p < 0,01$).

Candida albicans

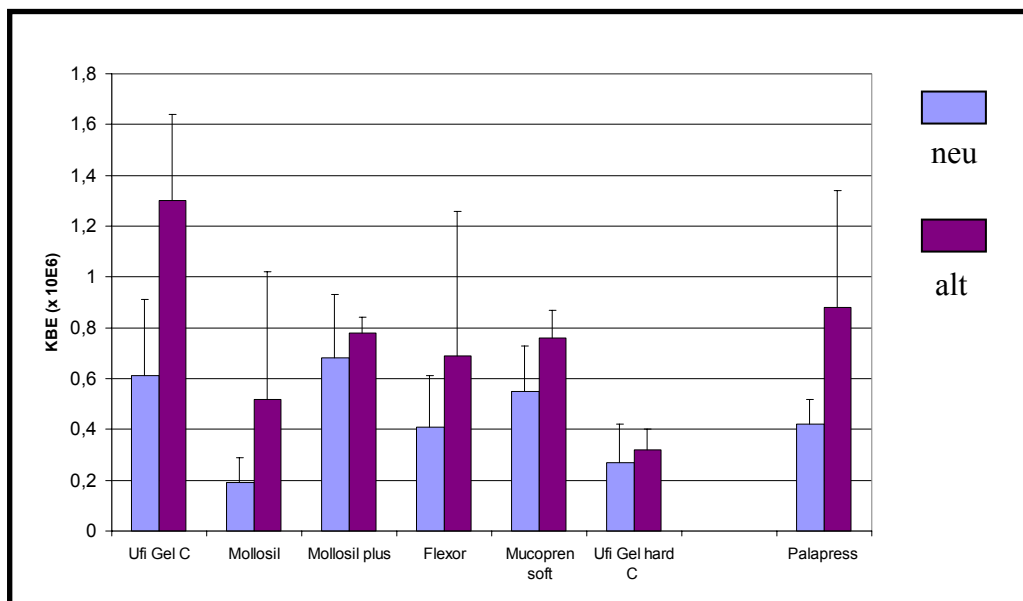


Abb. 5: Keimzahlen (KBE) von *C. albicans* auf neuen und gealterten Kunststoffen;
Mittelwerte und Standardabweichungen

Besiedelung der neu hergestellten Kunststoffe

Wie Abb. 5 zeigt, wiesen Mollosil und Ufi Gel hard C deutlich geringere Keimzahlen auf als Palapress ($p < 0,001$ und $p < 0,05$). Auf den drei A-Silikon (Ufi Gel C, Mollosil plus und Mucopren soft) wurden höhere Werte beobachtet als auf dem Prothesenkunststoff. Diese Unterschiede waren allerdings nur bei Mollosil plus signifikant ($p < 0,05$). Die Keimzahl von Flexor war fast identisch mit der von Palapress.

Besiedelung der gealterten Kunststoffe

Auch bei den gealterten Kunststoffen wurden auf Ufi Gel hard C wesentlich niedrigere Keimzahlen beobachtet als auf Palapress ($p < 0,01$). Höhere Keimzahlen fanden sich auf dem A-Silikon Ufi Gel C ($p < 0,05$).

Vergleich der neuen mit den gealterten Kunststoffen

Die Abb. 5 veranschaulicht deutlich, daß sich *C. albicans* bei allen Unterfütterungskunststoffen sowie bei Palapress auf den gealterten Materialien stets massiver ansiedelte als auf den neu hergestellten. Daraus läßt sich schließen, daß alle Kunststoffe während ihrer Gebrauchsperiode die Anlagerung des Sproßpilzes begünstigten. Diese Beobachtung konnte nur für Ufi Gel C ($p < 0,01$), Mucopren soft ($p < 0,01$) und Palapress ($p < 0,05$) als signifikant nachgewiesen werden.

3.2.2 Oberflächenrauigkeiten

Die in der Tabelle 4 aufgeführten Mittenrauhwerte der untersuchten Materialien ermöglichen eine Aussage zu den Oberflächenqualitäten der einzelnen Kunststoffe.

Tabelle 4: Mittelwerte und Standardabweichungen der Mittenrauhwerte der geprüften Kunststoffe

Kunststoff	neu hergestellt	gealtert
Ufi Gel C	0,28 \pm 0,12	0,43 \pm 0,15
Mollosil	0,75 \pm 0,43	0,57 \pm 0,19
Mollosil plus	0,49 \pm 0,24	0,30 \pm 0,07
Flexor	0,76 \pm 0,50	0,64 \pm 0,18
Mucopren soft	0,51 \pm 0,11	1,06 \pm 0,54
Ufi Gel hard C	2,35 \pm 0,69	3,03 \pm 1,04
Palapress	1,57 \pm 0,40	1,40 \pm 0,30

Oberflächenrauigkeiten der neu hergestellten Kunststoffe

Im Vergleich zum Palapress wies allein Ufi Gel hard C eine schlechtere Oberflächenqualität auf ($p < 0,01$). Alle anderen Unterfütterungsmaterialien besaßen dagegen deutlich glattere Oberflächen ($p < 0,001$).

Oberflächenrauigkeiten der gealterten Kunststoffe

Ufi Gel hard C stellte wieder den rauhesten Werkstoff von allen dar ($p < 0,001$). Die weichen Unterfütterungsmaterialien waren bis auf Mucopren soft erheblich glatter als Palapress (Ufi Gel C, Mollosil plus, Flexor: $p < 0,001$, Mollosil: $p < 0,01$). Gealtertes Mucopren soft wies keine signifikant glattere Oberfläche auf als Palapress.

Vergleich der neuen mit den gealterten Kunststoffen

Bei Ufi Gel C und Mucopren soft verschlechterten sich im Verlauf der Alterung die Oberflächenqualitäten jeweils signifikant ($p < 0,01$). Die Oberflächen der restlichen Kunststoffe wiesen gealtert keine signifikanten Veränderungen im Vergleich zum neu hergestellten Zustand auf.

Anhand der Spearman-Analyse wurde eine Korrelation zwischen den Oberflächenrauigkeiten der neuen und der gealterten Kunststoffe festgestellt. Außerdem konnte eine Korrelation zwischen der Oberflächenrauigkeit der neuen Kunststoffe und der Besiedelung mit *C. albicans* nachgewiesen werden.

3.2.3 Rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen

Mit den rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen sollten sowohl die Oberflächenbeschaffenheit der Prüfkörper visuell beurteilt als auch die Anlagerung der Keime auf den Prüfkörpern optisch bestätigt werden. Die Anzahl der abgebildeten Keime hat keine Relevanz hinsichtlich der in den Versuchen ermittelten Keimzahlen, da sie durch mehrfaches Spülen während der Vorbereitungen zur elektronenmikroskopischen Aufnahme verändert wurde.

Palapress

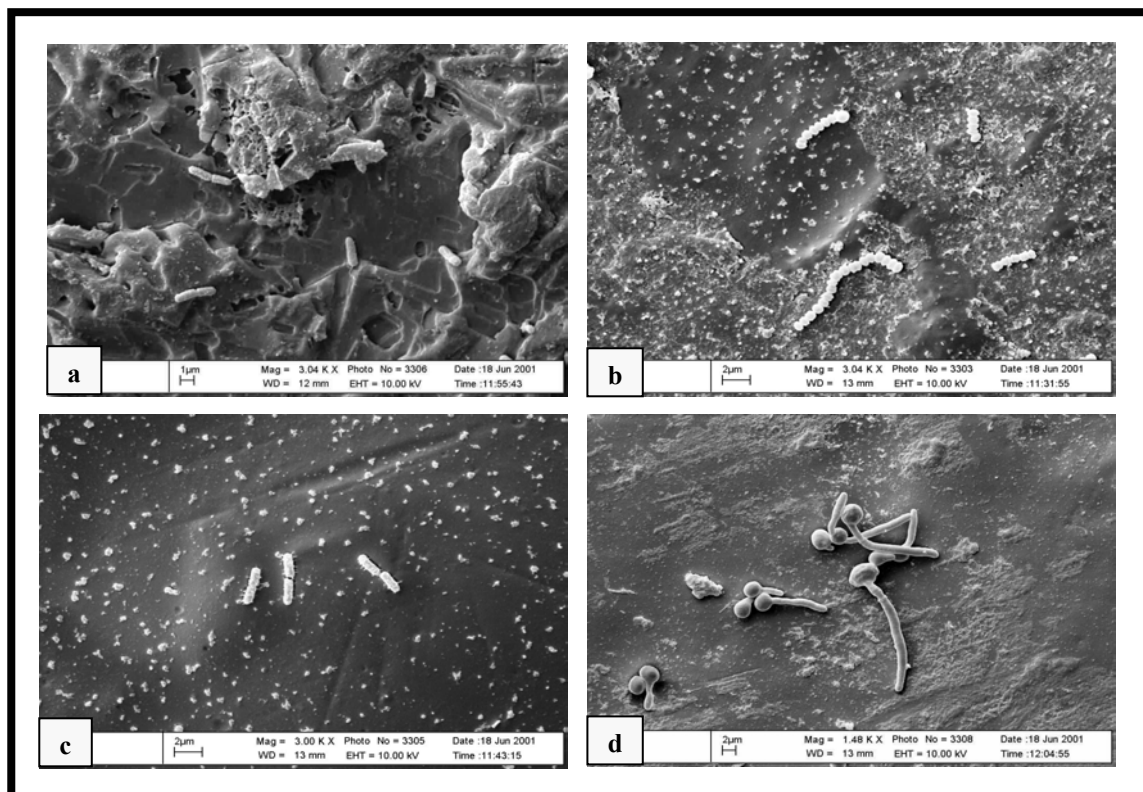


Abb. 6: Oberfläche von Palapress:

- a) neu hergestellt, mit *E. cloacae* (3040fache Vergrößerung);
- b) gealtert, mit *S. sanguis* (3040fache Vergrößerung);
- c) gealtert, mit *E. cloacae* (3000fache Vergrößerung);
- d) gealtert, mit *C. albicans* (1480fache Vergrößerung)

Die obigen Abbildungen zeigen die Anlagerung der drei ausgewählten Keimarten auf neu hergestelltem Palapress (Abb. 6a) und auf gealtertem Palapress (Abb. 6b-d) bei unterschiedlichen Vergrößerungen.

Das neu hergestellte Palapress in Abb. 6a weist eine ungleichmäßige, poröse und stark zerklüftete Oberfläche auf. Die Oberfläche von gealtertem Palapress erscheint weniger deutlich strukturiert. Die Abbildungen 6b und 6c zeigen kleine helle, über die gesamte Oberfläche verteilte Flecken. Es sind vermutlich Bestandteile des künstlichen Speichels.

Bei den dargestellten Mikroorganismen handelt es sich in den Abbildungen 6a und 6c um *E. cloacae*. Man erkennt seine Stäbchenform und die Fimbrien. In Abb. 6b erscheint *S. sanguis* in Kettenform. *C. albicans* ist mit seinen ovalen Hefen und länglichen Pseudohyphen in Abb. 6d zu sehen.

Mollosil

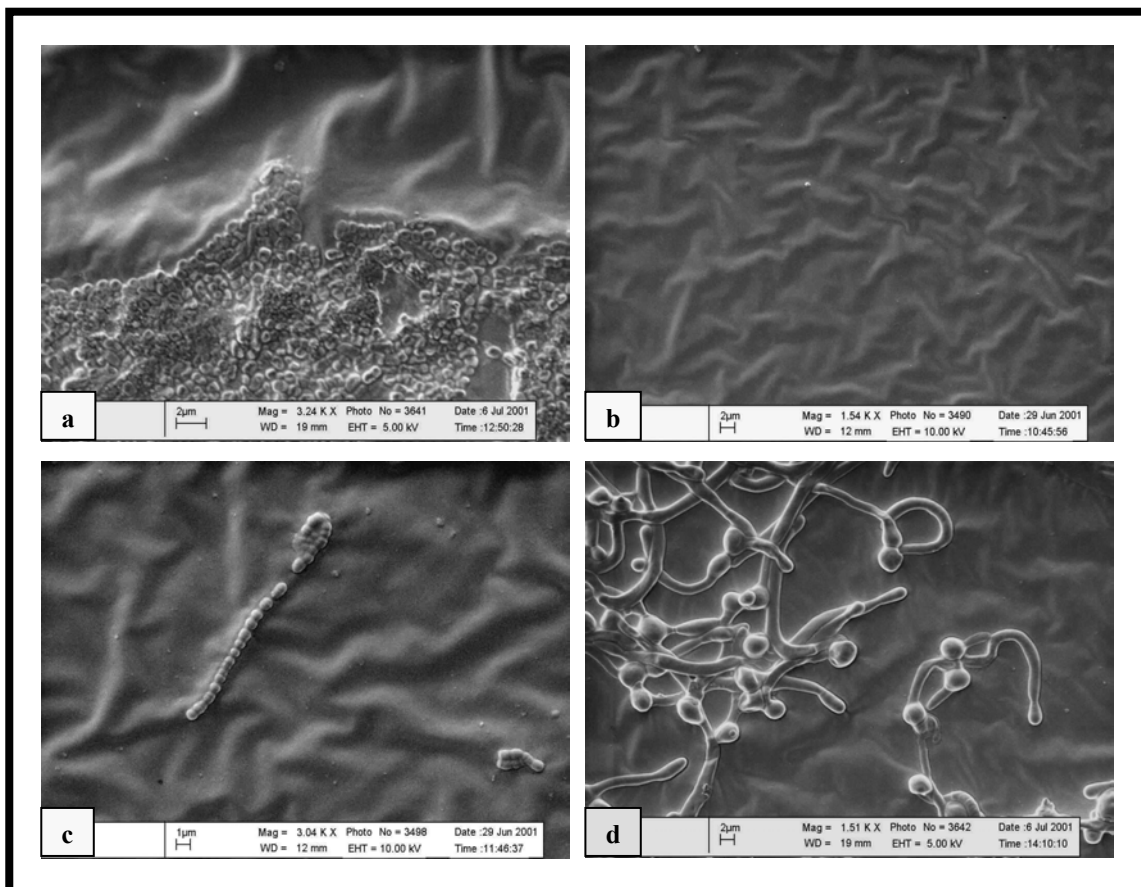


Abb. 7: Oberfläche von Mollosil:

- a) neu hergestellt, mit *E. cloacae* (3240fache Vergrößerung);
- b) gealtert, ohne Keimanlagerung (1540fache Vergrößerung);
- c) gealtert, mit *S. sanguis* (3040fache Vergrößerung);
- d) gealtert, mit *C. albicans* (1510fache Vergrößerung)

Die Abb. 7a stammt von neu hergestelltem, Abb. 7b-d von gealterten Mollosil-Prüfkörpern. Mollosil zeigt in allen Abbildungen eine gleichmäßige und homogene Oberfläche. Bemerkenswert ist die wellige Beschaffenheit. Poren und strukturelle Unebenheiten sind nicht zu erkennen, ebensowenig ein Unterschied zwischen gealtertem und frisch hergestelltem Mollosil

In Abb. 7b ist eine bakterienfreie Mollosil-Oberfläche zu sehen. Eine großflächige Anhäufung von *E. cloacae* wird in Abb. 7a sichtbar. Der kettenförmig liegende *S. sanguis* wurde in Abb. 7c dargestellt. *C. albicans* erscheint in großer Menge im Ausschnitt der Abb.7d.

Ufi Gel hard C

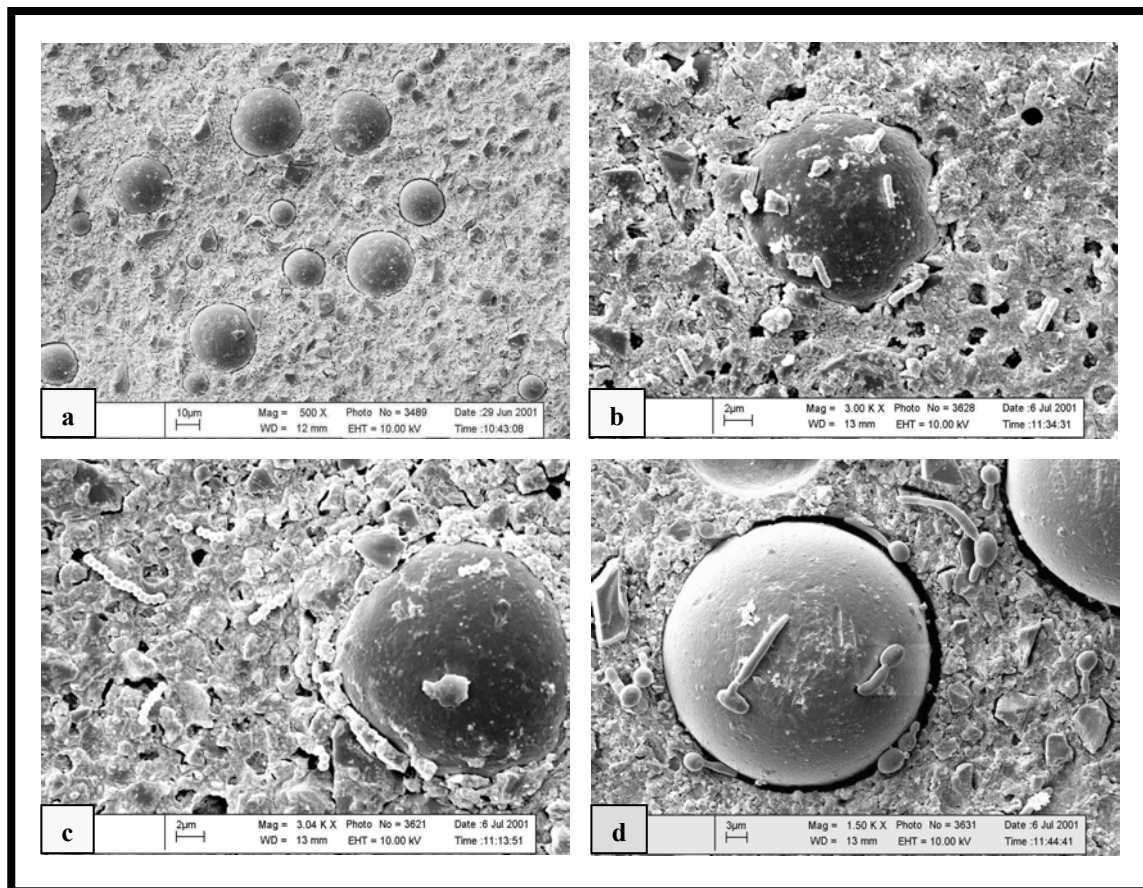


Abb. 8: Oberfläche von Ufi Gel hard C:

- a) neu hergestellt, (500fache Vergrößerung);
- b) neu hergestellt, mit *E. cloacae* (3000fache Vergrößerung);
- c) gealtert, mit *S. sanguis* (3040fache Vergrößerung);
- d) gealtert, *C. albicans* (1500fache Vergrößerung)

Für Ufi Gel hard C sind in den Abb. 8a-b die Oberflächen von neu hergestellten und in den Abb. 8c-d die von gealterten Prüfkörpern dargestellt. Die zur Übersicht dienende Aufnahme der Abb.8a zeigt die Kunststoffoberfläche bei 500facher Vergrößerung. Sie stellt sich als eine inhomogene, kristalline Grundmasse dar, in welche kugelförmige Füllkörper eingebettet sind. Bei stärkerer Vergrößerung - wie in den Abb. 8b und 8c - erscheint die Oberfläche aufgelockert, porös und schuppig. Ein Unterschied zwischen gealtertem und neuem Material ist nicht erkennbar.

Bei den anhaftenden Keimen handelt es sich in Abb. 8b um *E. cloacae*, in Abb. 8c um *S. sanguis*. Der Ausschnitt der Abb. 8d zeigt deutlich einen tiefen Spalt zwischen Füllkörper und Grundmasse. Dieser könnte sich im Zuge des Trocknungsverfahrens entwickelt haben. *C. albicans* findet auf dieser stark strukturierten Oberfläche sehr gute Retentionsmöglichkeiten.

3.3 Diskussion

3.3.1 Diskussion der Methoden

Die Interaktionen zwischen zahnärztlichen Kunststoffen und Mikroorganismen sind außerordentlich komplex und schwer zu analysieren. Zur Erforschung einzelner Aspekte, wie z.B. der werkstoffspezifischen Wirkungen auf Adhärenz und Wachstum von Mikroorganismen, bieten sich In vitro-Untersuchungen an. Im Gegensatz zu klinischen Studien, welche durch unkontrollierbare Faktoren die Ergebnisse beeinflussen und nur schwer zu interpretieren sind, können In vitro-Versuche unter weitestgehend standardisierten Bedingungen durchgeführt werden. Dies ermöglicht es, die Zahl der beeinflussenden Faktoren gering zu halten und sowohl reproduzierbare als auch vergleichbare Resultate zu erzielen. Allerdings stellen diese Ergebnisse lediglich Basisinformationen dar, welche durch kontrollierte klinische Studien ergänzt werden sollten (96).

Für die vorliegende experimentelle Studie zur mikrobiellen Adhärenz an verschiedenen Unterfütterungsmaterialien galten ebenfalls standardisierte Versuchsbedingungen. Die Herstellung der Prüfkörper erfolgte jeweils streng nach Herstellerangaben und unter sterilen Kautelen. Zudem wurden die Prüfkörper eines Produktes gleichzeitig und unter gleichen Bedingungen angefertigt, um Qualitätsunterschiede durch geringfügige Abweichungen in der Verarbeitung zu eliminieren.

Zahnärztliche Materialien unterliegen während ihrer Gebrauchsperiode in der Mundhöhle verschiedenen, auf Alterungsvorgängen beruhenden, chemischen und physikalischen Eigenschaftsänderungen (39). Sollen in experimentellen Untersuchungen neue und gealterte Werkstoffe geprüft werden, nutzt man das Verfahren der künstlichen Alterung. Dies ist eine Methode, bei der die unter Gebrauchsbedingungen ablaufenden Alterungsprozesse durch Anwendung verschärfter Bedingungen beschleunigt werden (N1). Die Prüfkörper der eigenen experimentellen Studie wurden sieben Tage in synthetischem Speichel bei einer Temperatur von 70 °C gelagert.

Die werkstoffspezifischen Einflüsse dentaler Kunststoffe auf die Ansiedlung von Mikroorganismen basieren einerseits auf den biologischen Effekten löslicher Substanzen und andererseits auf der Oberflächenbeschaffenheit der Materialien. Die Wirkungen löslicher

Substanzen, welche man in Elutionsversuchen analysieren kann, blieben in der vorliegenden Studie unberücksichtigt. Vielmehr wurden die Oberflächenrauigkeiten der Kunststoffe in die Betrachtung einbezogen, da diese eine entscheidende Rolle bei der initialen Retention von Mikroorganismen spielen (69).

Ziel der Bearbeitung von Prothesenkunststoffen ist eine glatte, polierte Oberfläche, mit welcher die Haftung von Mikroorganismen auf ein Minimum reduziert werden soll (44, 85). Wie eingangs erwähnt, ist die Politur weicher Kunststoffe nicht möglich. Aus diesem Grunde wurden die in dieser Studie untersuchten Materialien nach der Entnahme aus der Küvette an der Oberfläche nicht bearbeitet. Während Patyk u. Huber (67) ihre Prüfkörper gegen eine Glasplatte polymerisieren ließen, um eine möglichst glatte Oberfläche zu erhalten, wurde die Oberflächenqualität der eigenen verwendeten Kunststoffplatten von dem Isoliermittel und der Oberfläche des Kuvettengipses geprägt. Letztere gab dabei die Oberfläche der RSB-Foliflex-Platten wieder. Zur Herstellung der Negativformen für die Kunststoffplatten wurden gleiche Materialien an Gips und Folien verwendet und alle Arbeitsschritte in gleicher Weise durchgeführt. Darüber hinaus kam mit Ausnahme von Flexor bei jedem Unterfütterungskunststoff das gleiche Isoliermittel zum Einsatz. Die Differenzen in der Oberflächenqualität der einzelnen Unterfütterungskunststoffe sind somit durch die Struktur der verwendeten Materialien selbst und die bei ihrer Herstellung eingesetzten Methodik bedingt.

Auch die mikrobiologische Testung der Unterfütterungsmaterialien erfolgte unter sterilen und weitestgehend standardisierten Bedingungen, so z.B. hinsichtlich Zusammensetzung und Menge der Medien, der Keimsuspensionen sowie Inkubationsdauer und –temperatur. Die Versuche wurden mit Monokulturen durchgeführt. Die Testkeime wurden in Anlehnung an die Auswertung der In vivo-Studie und nach ihrer klinischen Relevanz ausgewählt.

Als Vertreter der oralen Standortflora wurden die grampositiven Kokken *S. salivarius* und *S. sanguis* gewählt. Beide gehören zur Gruppe der oralen Streptokokken. Als Opportunist kann *S. salivarius* Sinusitis, Endokarditis und pulmonale Infektionen verursachen. *S. sanguis* kann ebenfalls eine Endokarditis hervorrufen und ist neben *Streptococcus mutans* Hauptverursacher der Karies (29). Er besitzt eine hohe Affinität zu den Oberflächen von Zähnen und Prothesenkunststoffen, während *S. salivarius* vorwiegend an der Schleimhaut adhäriert (46, 56).

Von den Keimen der Durchgangsflora wurden die fakultativ pathogenen Enterobakterien *K. oxytoca* und *E. cloacae* ausgewählt. Beide sind gramnegative Stäbchen, welche in geringer Zahl zur physiologischen Darmflora gehören. Sie sind als Erreger nosokomialer Erkrankungen gefürchtet, da sie zumeist multiple Antibiotikaresistenzen zeigen. Pathogene Bedeutung besitzen sie bei Sepsis, Atemwegs- sowie Harnwegsinfektionen (29, 30). Zudem sind sie für die Bildung eines sehr unangenehmen Geruches verantwortlich (27)

Als mikrobieller Hauptverursacher der Prothesenstomatitis wurde *C. albicans* in die Untersuchung einbezogen. *C. albicans* ist der häufigste beim Menschen vorkommende Sproßpilz und gehört in kleinen Mengen zur normalen Körperflora. Bei immunsupprimierten Patienten und oft auch bei Behandlung mit Breitspektrumantibiotika kann der Sproßpilz lokalisierte Erkrankungen, z.B. Mundsoor oder Ösophagitis, und systemische Candidoamykosen verursachen. Als prädisponierende Faktoren gelten Schwangerschaft, Diabetes und HIV (30).

Die Plaquebildung an Hartflächen in der Mundhöhle resultiert nicht nur aus den Beziehungen zwischen Mikroorganismen und Oberfläche, sondern auch aus dem Einfluß des Speichels. Die in ihm enthaltenen Glykoproteine sind an der Bildung des sogenannten „acquired pellicle“ (Zahnhäutchen) beteiligt, welches die Grundlage der bakteriellen Adhärenz darstellt (4, 5, 55, 71). Mit der Verwendung von synthetischem Speichel im Versuch sollte eine Annäherung an die oralen Milieubedingungen erzielt werden. Es konnte jedoch keine Nachahmung der bei der Nahrungsaufnahme auftretenden pH-Wert-Schwankungen erfolgen. Desweiteren enthielt der synthetische Speichel keine antibakteriellen Substanzen, wie Antikörper, Lysozyme oder Laktoferrin, welche die bakterielle Anlagerung zu stören vermögen (31). Die ermittelten Ergebnisse sollten somit unter diesem Vorbehalt betrachtet werden. Die weitestgehende Annäherung der Versuchsbedingungen an orale Verhältnisse erlaubt jedoch die Bestimmung des tendenziellen Verhaltens der Mikroorganismen auf den untersuchten Werkstoffen.

Die Inkubationsdauer wurde anhand der im Vorversuch ermittelten Wachstumskurven festgelegt. Es war notwendig, den Zeitpunkt zur Entnahme der Proben aus dem Nährmedium in die logarithmische Wachstumsphase zu legen, um eine nachteilige Beeinträchtigung der Keimzahlen durch die Ansammlung toxischer Stoffwechselprodukte zu vermeiden. Für die eigene Untersuchung wurde eine Inkubationszeit von zwei Stunden bestimmt. Diese Dauer

entspricht auch der Angabe von Okita et al. (65) für ihre mikrobiellen Adhäsionstests. Im Vergleich dazu wählten Verran u. Maryan (85) sowie Waters et al. (91) jeweils einstündige Inkubationszeiten für ihre Versuche.

Die Anwendung von Ultraschall für die Ablösung der Mikroorganismen von den Prüfkörpern basierte auf den Untersuchungen von Kittler (42). Die von ihr übernommene Intensität und Dauer der Ultraschalleinwirkung gewährleisteten zum einen die vollständige Entfernung der Bakterien von der Prüfkörperoberfläche und zum anderen das Überleben der Bakterien.

Um die Keimzahlen zu ermitteln, wurden die koloniebildenden Einheiten auf den Agar-Platten ausgezählt. Diese Methode ist einfach anzuwenden und gilt auch bei niedrigen Keimzahlen als hinreichend genau, um die Wachstumsrate von Mikroorganismen festzustellen (20). Sie macht jedoch z.T. umfangreiche Verdünnungsreihen erforderlich, um die Kolonien gut auszählen zu können. Mit dieser Methode ist zudem nur die Erfassung der vitalen, teilungsfähigen Mikroorganismen möglich. Vom Prüfkörper abgelöste, tote Keime blieben unberücksichtigt.

Die Darstellung der Prüfkörperoberflächen mittels REM sollte als zuverlässiger Nachweis für die bakterielle Besiedelung der Kunststoffe dienen. Zur Vorbereitung für die Aufnahmen mußten die Prüfkörper getrocknet werden. Bei den beiden harten Kunststoffen erfolgte dieser Vorgang im Kritisch-Punkt-Apparat. Hier wurden die Proben auf eine schonende Art entwässert. Dazu war eine Erhöhung von Druck und Temperatur notwendig. Die weichen Mollosil-Prüfkörper konnten diesen Bedingungen nicht standhalten und wurden daher an der Luft und im Exsikkator getrocknet.

3.3.2 Diskussion der Ergebnisse

Die Fähigkeit von Mikroorganismen, an Oberflächen zu adhäreren, stellt die Voraussetzung und den ersten Schritt für eine erfolgreiche Kolonisation dar (63, 85, 91). Wachstum und Vermehrung der Mikroorganismen auf den Oberflächen von Prothesen- und Unterfütterungskunststoffen sind im mikrobiellen Milieu der Mundhöhle zwar unumgänglich, können aber nachteilige Erscheinungen verursachen, wie das Krankheitsbild der

Prothesenstomatitis, die Ansiedlung von pathogenen Keimen oder den mikrobiellen Angriff des Kunststoffes (8, 9, 12, 15, 19, 21, 25, 46, 48).

Im experimentellen Teil der vorliegenden Arbeit wurden ein harter und fünf weichbleibende Unterfütterungsmaterialien mikrobiologisch untersucht. Es sollte dabei der Frage nachgegangen werden, ob die Verwendung von gegenwärtig angebotenen Unterfütterungsmaterialien aus mikrobiologischer Sicht als günstig angesehen werden darf oder nicht. Um eine Aussage zu den mikrobiologischen Verhältnissen auf der Prothese in Abwesenheit eines Unterfütterungskunststoffes zu ermöglichen, wurde ein herkömmlicher Prothesenkunststoff als Referenzmaterial hinzugezogen. Das Augenmerk der Untersuchung richtete sich auf die initiale Keimadhärenz, anhand welcher die einzelnen Materialien miteinander verglichen werden sollten.

Die initiale Keimadhärenz stellt die erste Phase der Plaquebildung dar und umfaßt Interaktionen zwischen Mikroorganismen, Speichel und einer Oberfläche (5). Dabei spielt sich die Plaquebildung an einer Prothesenoberfläche in Analogie zur Plaquebildung auf der Zahnoberfläche ab (4). Sie ist ein äußerst komplexer Vorgang und von verschiedenen Einflüssen abhängig. In der initialen Phase, der unspezifischen und reversiblen Adhärenz, werden vor allem van der Waal's Kräfte, Hydrophobizität, Oberflächenrauigkeit und freie Oberflächenenergien wirksam. In der folgenden irreversiblen und spezifischen Attachment-Phase kommt es durch kovalente Bindungen, Ionen- oder Wasserstoffbrückenbindungen sowie spezifische Adhäsion-Rezeptor-Interaktionen zu einer festen Bindung zwischen Mikroorganismen und Oberfläche (69, 91, 103). Satou et al. sowie Ruzicka u. Eder (71, 72) gaben jeweils einen Einblick in die Vielfalt der Theorien zur Entstehung und Beeinflussung der Plaquebildung. Im folgenden sollen anhand der eigenen Ergebnisse keim- und werkstoffspezifische Einflüsse auf die bakterielle Adhärenz diskutiert werden. Im Vordergrund stehen dabei Materialalterung, Oberflächenrauigkeit und Speichelwirkung.

Das Haftvermögen verschiedener Keimarten differiert ebenso wie die Empfindlichkeit der Mikroorganismen gegenüber einer potentiellen Besiedelungsoberfläche (1, 93). Bezüglich dieser Eigenschaften erlauben die ermittelten Ergebnisse der Keimzahlbestimmung jedoch keinen Vergleich der fünf verschiedenen Keimarten untereinander, da es versuchstechnisch nicht möglich war, in den Ausgangssuspensionen der fünf Monokulturen jeweils exakt die

gleiche Keimmenge einzustellen. Dagegen können die Unterfütterungskunststoffe innerhalb einer Keimgruppe mit dem Prothesenkunststoff verglichen werden.

Die im Milieu der Mundhöhle lebenden Mikroorganismen versuchen jeden zahnärztlich inkorporierten Gegenstand als Lebensraum zu nutzen. Ein eingegliedeter Werkstoff sollte daher, soweit er keine antibakteriellen Eigenschaften besitzt, die Ansiedelung der Mikroorganismen entsprechend ihren quantitativen Verhältnissen in der physiologischen Mundflora ermöglichen. Ansonsten wäre über eine Störung des mikrobiellen Gleichgewichtes die Vermehrung von pathogenen Keimen nicht auszuschließen.

Wie bereits beschrieben, kamen fünf Monokulturen zum Einsatz. Hinsichtlich der Auswertung der Ergebnisse sei darauf hingewiesen, daß diejenigen Unterfütterungskunststoffe günstiger zu bewerten sind als der Prothesenkunststoff Palapress, die eine geringere Besiedelung mit *C. albicans*, *E. cloacae* und *K. oxytoca* aufweisen und deren Adhärenz im Laufe der Alterung nicht fördern und die zudem die beiden Streptokokkenstämme nicht im Sinne einer Keimzahlverminderung beeinflussen.

Streptococcus salivarius

Orale Streptokokken stellen den Hauptanteil der aerob wachsenden physiologischen Mundflora und gehören außerdem zu den ersten Besiedlern auf Prothesen (2, 6, 71). Ein Prothesen- oder Unterfütterungskunststoff sollte ihre Ansiedlung weder behindern noch in unverhältnismäßigem Umfang fördern. An den untersuchten Materialien adhärierte *S. salivarius* in jeweils ähnlicher Quantität. Es war jedoch die Tendenz erkennbar, daß alle Unterfütterungskunststoffe sowohl neu hergestellt als auch gealtert niedrigere Keimzahlen aufwiesen als Palapress. Sie sind unter diesem Aspekt insgesamt ungünstiger zu bewerten als der Prothesenkunststoff. In besonderem Maße trifft dies auf das weiche Material Mollosil plus und den harten Unterfütterungskunststoff Ufi Gel hard C zu, welche im Zuge der Alterung die Anlagerung von *S. salivarius* signifikant behinderten. Streptokokken sind gegenüber dentalen Werkstoffen sehr empfindlich (93). Es ist möglich, daß der Keim von chemischen Bestandteilen der Werkstoffe negativ beeinflußt wurde.

Streptococcus sanguis

Für *S. sanguis* gelten die dargelegten Anforderungen ebenfalls. Zudem sollte man bedenken, daß eine zunehmende Adhärenz des an der Kariesentwicklung beteiligten Keimes (29) durch

Kunststoffe vermehrt kariöse Defekte bei Teilprothesenträgern mit bestehendem Restgebiß verursachen könnte. Im Versuch adhärierte *S. sanguis* an allen weichen Unterfütterungskunststoffen im neu hergestellten Zustand mit Ausnahme von Mollosil plus weniger als an Palapress. Für Mollosil konnte dies statistisch belegt werden. Im Vergleich der neu hergestellten mit den gealterten Werkstoffen erfolgte, obgleich nicht signifikant, eine Zunahme der Keimzahl bei Palapress. Dieses erwünschte Verhalten konnte auch bei allen weichen Unterfütterungsmaterialien außer Mollosil plus beobachtet und bei Mollosil und Mucopren soft statistisch gesichert werden. Somit können alle weichen Materialien bis auf Mollosil plus hinsichtlich der Anlagerung von *S. sanguis* als günstig bewertet werden. Der harte Unterfütterungskunststoff Ufi Gel hard C zeigte sich dagegen als ungünstigster Werkstoff, da er mit der Alterung wie schon bei *S. salivarius* auch die Keimzahl der adhärierenden *S. sanguis*-Keime signifikant verringerte.

Enterobacter cloacae

Eine zunehmende Zahl an *E. cloacae* und *K. oxytoca* auf Prothesen ist unerwünscht, da die fakultativ-pathogenen Darmbakterien das mikrobielle Gleichgewicht der Mundhöhle stören und hinsichtlich nosokomialer Erkrankungen das Infektionsrisiko erhöhen können (29, 30). Mit einem Zuwachs der Keimmenge von *E. cloacae* im Laufe der Alterung erweist sich Palapress an dieser Stelle als nachteiliger Kunststoff. Demgegenüber erscheint Ufi Gel hard C mit einer signifikanten Verminderung der Keimzahl diesmal als günstiger. Die weichen Unterfütterungsmaterialien zeigten ein differentes Verhalten. Bei den neu angefertigten A-Silikon Ufi Gel C, Mollosil plus und Mucopren soft ließ sich eine höhere Anlagerung von *E. cloacae* erkennen als auf Palapress. Alle drei Materialien zeigten jedoch eine Reduzierung der Keimzahl mit der Alterung, was als vorteilhaft zu gelten hat. Dagegen sind Mollosil und Flexor, welche in ihrem Verhalten dem Palapress sehr ähnelten, an dieser Stelle als nachteilig zu bewerten.

Klebsiella oxytoca

Auch von *K. oxytoca* wurden die weichbleibenden Unterfütterungskunststoffe unterschiedlich besiedelt. Auf Ufi Gel C, Mollosil und Flexor wurden sowohl neu als auch gealtert jeweils geringere Mengen an *K. oxytoca* gefunden als auf Palapress, was als vorteilhaft zu gelten hat. Bei Mollosil plus waren die anfangs signifikant höheren Keimzahlen im gealterten Zustand deutlich gesenkt. Nur Mucopren soft ist in diesem Falle als ungünstig anzusehen. Es förderte die Anhaftung von *K. oxytoca* mit der Alterung signifikant. Für Ufi Gel hard C konnten mit

einer nur unerheblichen Abnahme der Keimzahlen im Verlauf der Alterung ähnliche Werte und analoges Verhalten ermittelt werden wie für Palapress.

Candida albicans

Bei *C. albicans* wurde an allen Kunststoffen eine mehr oder weniger deutliche Förderung der Keimadhärenz mit der Alterung festgestellt. Im Hinblick auf die bei beträchtlicher Erhöhung der Keimzahl mögliche Umwandlung des Pilzes von der harmlosen in die parasitäre Form (8) sowie seiner Rolle bei der Entstehung der Prothesenstomatitis (9, 13, 14, 17, 46, 91) stellt dies ein unerwünschtes Ergebnis dar. Burns et al. (14), welche die Adhärenz von *C. albicans* an drei weichen Kunststoffen, darunter einem C-Silikon, untersuchten, konnten ein solches Verhalten auch über eine längere Beobachtungszeit von mehreren Wochen nachweisen. Im eigenen Versuch wurden die mit der Alterung zunehmenden Keimzahlen für Palapress, Ufi Gel C und Mucopren soft statistisch gesichert. Verglichen mit den weichen Materialien ist der Prothesenkunststoff Palapress hierbei als ebenso ungünstig zu bewerten. Das harte Unterfütterungsmaterial Ufi Gel hard C zeigte hinsichtlich der Adhärenz von *C. albicans* das positivste Ergebnis, da seine Keimzahlen sehr niedrig waren und während der Alterung nur gering zunahmen. Entgegengesetzte Resultate ermittelten Nikawa et al. (58), welche bei weichbleibenden Unterfütterungsmaterialien im Gegensatz zum Akrylat inhibitorische Wirkungen auf das Wachstum von *C. albicans* feststellten. In diesem Versuch ließen sie jedoch den Faktor Speichel außer Acht, der, wie Nikawa später selbst bemerkte (61), die antifungalen Effekte der weichbleibenden Materialien reduziert. Okita et al. (65) dagegen ermittelten in ihrem Adhäsionstest nach zweistündiger Inkubationsdauer weniger *S. mutans* und *C. albicans* an Akrylaten als an Silikonen. Verglichen mit deren Ergebnissen konnte nur im Falle der Anlagerung von *C. albicans* auf neu hergestellten Prüfkörpern und mit Ausnahme von Mollosil eine Übereinstimmung gefunden werden. Ansonsten wurde bei *C. albicans* und den Streptokokken im allgemeinen eine stärkere Adhärenz der Keime am Prothesenkunststoff als an den Silikonen festgestellt.

Anhand der dargestellten Resultate können die untersuchten Werkstoffe folgendermaßen bewertet werden:

- Der Prothesenkunststoff Palapress, welcher die Streptokokken im Gegensatz zu den Unterfütterungsmaterialien nicht negativ zu beeinflussen schien, erwies sich dennoch als

ungünstig, da bei ihm gealtert eine zunehmende Besiedelung mit *E. cloacae* und *C. albicans* zu beobachten war.

- Auf dem harten Unterfütterungskunststoff Ufi Gel hard C adhärten alle geprüften Mikroorganismen weniger als auf Palapress. Diese Beobachtung trat vor allem auf die gealterten Prüfkörper zu. Eine leichte Abnahme von *K. oxytoca* und ein signifikanter Rückgang von *E. cloacae* sowie geringere Zahlen an *C. albicans* sind hierbei positiv zu bewerten. Die signifikante Reduzierung der Streptokokkenzahlen sind dagegen unerwünscht.
- Obwohl alle fünf weichbleibenden Unterfütterungskunststoffe der Werkstoffgruppe der Silikone angehören, ließen sie kein einheitliches Verhalten gegenüber den Mikroorganismen erkennen. Mit einer Hemmung der Adhärenz von *S. salivarius* und einer Förderung von *C. albicans* haben sie insgesamt als mangelhaft zu gelten. Dagegen konnten sie bei den anderen drei Keimarten sowohl positive als auch negative Resultate erzielen. Die drei A-Silikone Ufi Gel C, Mollosil plus und Mucopren soft erscheinen mit einem Abfall der *E. cloacae*-Zahlen als günstig. Ufi Gel C ließ zudem tendenziell einen Rückgang von *K. oxytoca* sowie eine Vermehrung von *S. sanguis* erkennen. Bei Mollosil plus kann der signifikante Rückgang von *K. oxytoca* ebenfalls als positiv bewertet werden. Mit Ausnahme von *C. albicans* verursachte das Material insgesamt gesehen eine Reduzierung aller Keime, was bei den beiden Darmkeimen als vorteilhaft, bei den Streptokokken jedoch als negativ anzusehen ist. Das dritte A-Silikon Mucopren soft imponierte neben einem tendentiellen Rückgang von *E. cloacae* auch mit einem signifikanten Anstieg von *S. sanguis*. Als nachteilig zeigte sich das Material einerseits in einer Abnahme von *S. salivarius* und andererseits in einer signifikanten Zunahme von *K. oxytoca* und *C. albicans*. Letzteres widerspricht den Ergebnissen von Wöstmann et al. (104), welche keine Besiedelung von Mucopren soft durch *C. albicans* feststellen konnten. Ihre Versuche waren jedoch auch ohne Speichel durchgeführt worden. Bei dem C-Silikon Mollosil und dem silikonverwandten Fluorelastomer Flexor liegen die Vorteile in den Zunahmen von *S. sanguis* und tendenziellen Abnahmen von *K. oxytoca*. Beide Materialien förderten allerdings auch die Anhaftung von *C. albicans* und *E. cloacae*.

Die Beurteilung der einzelnen Produkte, sowohl der weichen Unterfütterungsmaterialien als auch der beiden harten Kunststoffe, läßt zusammenfassend erkennen, daß keines der

Materialien in der Lage war, den mikrobiologischen Anforderungen insgesamt gerecht zu werden. Jedes Produkt wies Vor- und Nachteile auf. Gruppenspezifische Effekte konnten kaum nachgewiesen werden. Es stellt sich die Frage, welche Einflüsse für die unterschiedliche Anlagerung von Mikroorganismen verantwortlich sein können.

Von Seiten der Werkstoffe haben auf die Zahl der anhaftenden Keime verschiedene Faktoren einen Einfluß. Hierbei unterscheidet man Wirkungen, die von chemischen Bestandteilen der Werkstoffe ausgehen und solche, die auf physikalischen Materialeigenschaften beruhen. Chemisch bedingte Werkstoffeinflüsse können mittels sogenannter Eluat-Versuche analysiert werden. Für mikrobiologische Untersuchungen werden dabei die zu betrachtenden Werkstoffe und Mikroorganismen in eine Flüssigkeit gegeben und zusammen über verschiedene Zeiträume inkubiert. Auf diese Weise kann man fördernde oder hemmende Effekte der aus den Werkstoffen herausgelösten Substanzen auf die Mikroorganismen bestimmen. In einer solchen Untersuchung verwendeten Hagedorn u. Fröbel (22) z.T. die gleichen Unterfütterungsmaterialien wie in der vorliegenden Arbeit. Ihre Ergebnisse korrelieren mit den eigenen Resultaten insofern, als daß sie bei *C. albicans* eine signifikante Wachstumsförderung durch die Materialien Mollosil, Flexor und einem A-Silikon-Muster als Vorgängerprodukt des Mucopren soft nachweisen konnten.

Zu den chemischen Einflüssen zahnärztlicher Kunststoffe zählen die im Rahmen der Materialalterung auftretenden Quellungs- und Löslichkeitserscheinungen. Quellung bei Kunststoffen ist allgemein bekannt. Es ist möglich, daß mit dem Eindringen von Wasser unter anderem auch Mikroorganismen in den Kunststoff gelangen. Der Nachweis von Bakterien im Kunststoff ist jedoch umstritten (18, 22, 50, 51).

In welchem Maße Kunststoffe Wasser aufnehmen oder lösliche Komponenten verlieren, hängt vom Material selbst sowie von der Lösung ab, in welche sie getaucht werden. Kazanji u. Watkinson (41) konnten nach Untersuchung verschiedener Kunststoffe nachweisen, daß die Absorption und Desorption bei heißhärtenden C-Silikonem sehr gering, bei kalthärtenden dagegen sehr hoch ist.

Der Desorption bzw. Löslichkeit kommt eine besondere Bedeutung zu, da gelöste Stoffe auf Mikroorganismen unterschiedliche Wirkungen ausüben können. So sind Mikroorganismen in der Lage, lösliche Substanzen, wie z.B. Weichmacher, Stabilisatoren oder Füllstoffe innerhalb

ihres Stoffwechsels zu verwerten (19, 21, 48). Eine auf dieser Basis stattfindende Keimvermehrung ihrer drei Testkeime stellten Engelhard u. Grün (20) jeweils bei Anwesenheit eines Weichmachers fest. Sogar Methylmethacrylat konnte von *P. aeruginosa* verstoffwechselt werden. Auf die Adhärenz der Keime in der eigenen Versuchsreihe dürften derartige Vorgänge im Sinne einer Keimzahlerhöhung allerdings keinen Einfluß gehabt haben, da einerseits der Zeitfaktor für die Lösung entsprechender Substanzen zu gering war und andererseits die Nährmedien genügend Nährstoffe für die Mikroorganismen enthielten. Zudem gehören die untersuchten weichbleibenden Unterfütterungsmaterialien zur Gruppe der Silikone, welche als primär weiche Kunststoffe keine Weichmacher enthalten, die herausgelöst werden können.

Dagegen wäre es denkbar, daß lösbare Substanzen trotz der kurzen Einwirkungsdauer einen hemmenden Effekt auf Adhärenz und Wachstum der Keime ausgeübt haben. In diesem Zusammenhang wird in der Literatur oft das Methylmethacrylat (MMA) genannt. PMMA-Kunststoffe sind nach der Polymerisation nie zu 100 % auspolymerisiert und enthalten noch nichtpolymerisierte Anteile. Die Menge dieses sogenannten Restmonomers variiert zwischen 0,2 und 6,0 % (9, 20). Über die mikrobiellen Auswirkungen des MMA gibt es in der Literatur unterschiedliche Angaben. Elss u. Przyborowski (18) wiesen auf eine von anderen Autoren beschriebene bakterizide Wirkung hin, konnten selbst jedoch bei ihren untersuchten Kunststoffen keine solche Eigenschaft erkennen. Klötzer u. Reuling sowie Breustedt (9, 43) beschrieben das MMA als zytotoxisch. Nach Angabe von Engelhard u. Grün (20) wirkt MMA in Konzentrationen > 0,5 % als bakterizid. Innerhalb weniger Tage nach der Polymerisation wird das Restmonomer an die Umgebung abgegeben (9, 82).

Toxische Wirkungen gelöster Stoffe sind bei dem harten Unterfütterungsmaterial Ufi Gel hard C nicht auszuschließen. Während der PMMA-Kunststoff Palapress nach seiner Herstellung eine relativ glatte Oberfläche aufwies, war die Oberfläche des fertigen Ufi Gel hard C besonders rau und schmierig. Dies lag höchstwahrscheinlich an einer oberflächlichen Polymerisations-Inhibition. Laut Herstellerangaben ist Ufi Gel hard C während der Polymerisation sehr empfindlich gegenüber Luftsauerstoff (G7). Bei der Anfertigung der Prüfkörper wurde auf die strenge Einhaltung der Herstelleranweisungen geachtet. Auch nach mehrmaligen Versuchen und Variation des Isoliermittels konnten keine besseren Ergebnisse erzielt werden. Da Ufi Gel hard C eine sehr rauhe Oberfläche aufwies, jedoch jeweils sehr geringe Keimmengen an ihm adhärten, muß angenommen werden, daß die

unpolymerisierte Oberfläche durch Herauslösen von Substanzen mit den Mikroorganismen in Wechselwirkung trat und deren Anhaftung erheblich behinderte. Das Monomer des Ufi Gel hard C ist kein Methylmethacrylat und nach Angabe des Herstellers nicht toxisch. Es kommt somit, unter Voraussetzung der Richtigkeit dieser Angabe, nicht als Ursache für die geringen Keimzahlen auf dem Material in Frage. Möglicherweise sind andere Materialbestandteile an diesem Prozeß beteiligt gewesen.

Die hinsichtlich der Anlagerung von *C. albicans*, *E. cloacae* und *K. oxytoca* günstigen mikrobiologischen Eigenschaften bei Ufi Gel hard C müssen demnach sehr skeptisch betrachtet werden. Eine rauhe, unpolymerisierte Oberfläche mit toxischen Eigenschaften ist in der Mundhöhle nicht erwünscht, da sie neben einer Beeinträchtigung der Keimflora auch Schleimhautschäden verursachen kann.

An die Wirkung gelöster Substanzen muß bei den weichbleibenden Werkstoffen ebenfalls gedacht werden. Eluatversuche mit Abformwerkstoffen aus A-Silikonen und C-Silikonen (94) zeigten, daß A-Silikone im Gegensatz zu den C-Silikonen toxikologisch unbedenklich sind, da sie keine toxischen Effekte gegenüber fibroblastoiden und epitheloiden Zellen ausübten. Inwiefern derartige Wirkungen auch auf Mikroorganismen zutreffen, wäre für die Erklärung der eigenen Versuchsergebnisse von Interesse. Eine toxische Wirkung der C-Silikone könnte lediglich eine Ursache für die sehr geringen Keimzahlen von *K. oxytoca* bei Mollosil sein. Dagegen steht die Tatsache, daß Mollosil eine signifikante Anlagerung von *E. cloacae* und die drei A-Silikone eine Verminderung der *E. cloacae*-Zahlen zeigten, zu den Ergebnissen von Welker im Widerspruch. Mit Sicherheit hat die chemische Zusammensetzung der einzelnen Materialien einen wesentlichen Einfluß auf die Anlagerung der Mikroorganismen. In diesem Zusammenhang verwiesen Nikawa et al. (59) und Wright et al. (107) auf bestimmte Inhaltsstoffe weichbleibender Materialien und deren Wirkungen gegenüber Mikroorganismen. Da in der vorliegenden Untersuchung jedoch keine Identifizierung der chemischen Bestandteile der untersuchten Kunststoffe erfolgte, können auch keine Rückschlüsse über die unterschiedlichen mikrobiologischen Wirkungen gezogen werden.

Trotz der möglichen und bisher noch wenig erforschten Wirkungen gelöster Kunststoffbestandteile, ist außerdem zu bedenken, daß sowohl die chemischen als auch die physikalischen Eigenschaften eines Werkstoffes im Laufe der Alterung bestimmten Veränderungen unterliegen. Die Differenz der Ergebnisse von neuen und gealterten

Materialien muß als Folge derartiger Prozesse angesehen werden. Darüber hinaus sei an dieser Stelle nur zu erwähnen, daß auch eine Resistenz der Mikroorganismen gegenüber antibakteriellen Effekten der Kunststoffe möglich ist.

Die chemischen Einflüsse der Kunststoffe zu untersuchen, war nicht das Anliegen der eigenen Arbeit. Vielmehr interessierte ein physikalischer Werkstoffeinfluß: die Oberflächenrauigkeit. Obwohl mehrere Autoren auch auf einen Zusammenhang zwischen der freien Oberflächenenergie und der Plaqueakkumulation hingewiesen haben (69, 70, 91), richtete sich das Augenmerk der vorliegende Studie nur auf die Beeinflussung der mikrobiellen Adhärenz durch die Oberflächenrauigkeit, da diese die entscheidendere Rolle spielt (69).

In der eigenen Untersuchung wurden die Oberflächenrauigkeiten der Kunststoffe sowohl im neuen als auch im gealterten Zustand bestimmt. Bei Ufi Gel C und Mucopren soft trat eine signifikante Erhöhung der Oberflächenrauigkeit mit der Alterung auf. Im Vergleich der Materialien untereinander konnte festgestellt werden, daß die weichbleibenden Kunststoffe wesentlich glattere Oberflächen aufwiesen als die beiden harten Materialien, von denen der Unterfütterungskunststoff Ufi Gel hard C die mit Abstand rauheste Oberfläche besaß. Diese Resultate korrespondieren teilweise mit denen von Zissis et al. (110). Sie stellten ebenfalls bei weichen Kunststoffen geringere Rauigkeitswerte fest als bei Prothesenkunststoffen. Die von ihnen untersuchten harten Unterfütterungskunststoffe ähnelten jedoch in ihrer Oberflächenrauigkeit den weichen Materialien. Mit Sicherheit beruhen die bei Ufi Gel hard C ermittelten hohen Rauigkeitswerte auf der bereits beschriebenen unvollständigen Auspolymerisation des Materials, welche eine rauhe und schmierige Oberfläche verursachte. Eine gewisse Beeinflussung der Oberflächenqualität aller Kunststoffe durch die jeweilige Herstellungsmethode und die verwendeten Materialien (Gips, Isolierung) war zwar nicht zu verhindern, wurde jedoch durch sorgfältige und streng nach den Gebrauchsanweisungen ausgeführte Verarbeitung minimiert.

Die Zunahme der Oberflächenrauigkeit ermöglicht normalerweise eine gesteigerte Retention von Mikroorganismen (1, 21, 69, 73, 89). Durch die Spearman-Analyse wurde jedoch eine Korrelation zwischen der Oberflächenrauigkeit der neu hergestellten Kunststoffe und der Adhärenz von *C. albicans* festgestellt, welche sich in einer Zunahme der Keimzahl von *C. albicans* bei verringerter Oberflächenrauigkeit äußerte. Diese Korrelation widerspricht dem bereits erwähnten Zusammenhang zwischen Oberflächenrauigkeit und Keimadhärenz.

Sie steht auch im Gegensatz zu den Ergebnissen von Verran u. Maryan (85) sowie Radford et al. (70), die an rauen Oberflächen jeweils signifikant höhere Mengen *C. albicans* fanden als an glatten Oberflächen. Allerdings muß hierbei bedacht werden, daß diese beiden Untersuchungen - ebenso wie andere Studien zu dieser Problematik - ohne den Einflußfaktor Speichel durchgeführt wurden. Yamauchi (109) dagegen erforschte die Wechselbeziehung zwischen Oberflächenrauigkeit und Mikroorganismen im Medium Speichel. Er kam analog den eigenen Resultaten zu dem Schluß, daß die Keime an unterschiedlich rauen Oberflächen sehr variabel adhäreren und daß *C. albicans* glattere Oberflächen bevorzugt. Letzteren Fakt erklärte er damit, daß glatte Oberflächen hydrophob sind und *C. albicans* aufgrund ihrer ebenfalls hydrophoben Oberfläche an ihnen besser haften kann. Gristina (28) verwies in seinen Ausführungen darauf, daß hydrophobe Kräfte dazu tendieren, abstoßende Energien zu überwinden und Bakterien und Oberfläche einander anzunähern. Entgegen der Erkenntnis von Yamauchi beobachteten Nikawa et al. (57) jedoch, daß die Adhärenz von *C. albicans* an gering hydrophoben Materialien durch Speichel reduziert wurde. Sie meinten, daß sehr wahrscheinlich andere Faktoren als die Hydrophobizität, z.B. spezifische Interaktionen, einen großen Einfluß auf die Anlagerung von *C. albicans* haben müßten.

Was den Speichel betrifft, so ist seine Wirkung auf die Adhärenz von Mikroorganismen an Oberflächen umstritten. Man hat sowohl einen hemmenden (70, 91) als auch einen fördernden Einfluß (63) auf die mikrobielle Besiedelung nachgewiesen. Es ist bekannt, daß die Speichelproteine maßgeblich an der Entstehung der die Werkstoffoberfläche überziehenden Schicht (= Pellicle) beteiligt sind (55, 71, 91), welche die Rezeptorseite für adhärerende Bakterien liefert (28). Die Vermutung von Bickel u. Geering (4), daß der Speichel die infolge der Oberflächenrauigkeit auftretenden Differenzen in der Adhärenz von Keimen maskiert, wurde von Radford et al. (70) bestätigt. Dies könnte erklären, warum in der vorliegenden Untersuchung - mit Ausnahme von *C. albicans* bei neuen Materialien - keine weiteren Korrelationen zwischen der Oberflächenrauigkeit und der mikrobiellen Adhärenz festgestellt wurden und somit der eingangs erwähnte Zusammenhang zwischen beiden Faktoren nicht zu erkennen war. Auch Brandl (7) konnte in ihren Untersuchungen zur Adhärenz von *S. mutans* auf restaurativen Dentalwerkstoffen, in welchen sie ebenfalls synthetischen Speichel verwendete, keine derartigen Zusammenhänge zwischen Lebendkeimzahl und Rauigkeit nachweisen. Sie beobachtete allerdings eine positive Korrelation zwischen der Plaquemenge und der Oberflächenrauigkeit.

Mit den rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen wurden die adhätierenden Keime optisch nachgewiesen und eine Beurteilung der jeweiligen Kunststoffoberfläche ermöglicht. Entsprechend den gemessenen Oberflächenrauigkeiten erschienen die abgebildeten Oberflächen in unterschiedlicher Qualität. Die geringe Rauigkeit der Mollosil-Oberfläche äußerte sich in einer homogenen Beschaffenheit, welche zudem, vermutlich infolge des Trocknungsprozesses, einen welligen Charakter aufwies. Bei Palapress schien, verglichen mit den ermittelten Oberflächenrauigkeiten, optisch eine auffälligere Differenz in der Oberflächenqualität von gealtertem und neuen Palapress zu bestehen. Dies kann in einem unterschiedlichen Verhalten der Kunststoffe während des Trocknungsverfahrens begründet sein. Es ist denkbar, daß dem neu hergestellten Palapress nicht polymerisierte Bestandteile entweichen konnten. Die dargestellte Oberfläche von Ufi Gel hard C läßt ebenfalls an desorptive Vorgänge denken. Seine stark inhomogene, porös-schuppig strukturierte Beschaffenheit bestätigt die für dieses Material ermittelten hohen Rauigkeitswerte. Über die Vitalität der in den zahlreichen Retentionsnischen sichtbaren Keime waren anhand der Abbildungen keine Aussagen möglich. Im Rahmen der gesamten Arbeit blieb dieser Aspekt unberücksichtigt.

3.3.3 Schlußfolgerungen zur experimentellen Studie

Aus den Ergebnissen der In vitro-Studie geht hervor, daß die untersuchten Unterfütterungsmaterialien und der Prothesenkunststoff sehr unterschiedlich von den verwendeten Mikroorganismen besiedelt wurden. Zudem konnte festgestellt werden, daß die Adhärenz der Keime zwischen neu hergestellten und gealterten Werkstoffen differierte. Die Ursache hierfür muß in einer Veränderung der Materialien während der künstlichen Alterung gesehen werden.

Weiterhin ist deutlich erkennbar, daß keiner der geprüften Werkstoffe aus mikrobiologischer Sicht als ideal gelten kann, da jedes Produkt Vor- und Nachteile aufwies. Der Anforderung an zahnärztliche Materialien, das Gleichgewicht der physiologischen Mundflora nicht zu beeinträchtigen, schien keines der Unterfütterungsmaterialien gerecht werden. Im Gegensatz zum Prothesenkunststoff Palapress zeigten sie eine geringere Anhaftung der die Mundflora vertretenden Streptokokken. Die Forderung, Wachstum und Vermehrung pathogener Keime nicht zu unterstützen, konnten die Materialien nur teilweise erfüllen. Hinsichtlich der

Adhärenz der Darmbakterien, zeigten sich die A-Silikone und der harte Unterfütterungskunststoff Ufi Gel hard C mit einer Abnahme der *E. cloacae*-Zahl jeweils als günstig, während die restlichen weichen Materialien und der Prothesenkunststoff die Anlagerung dieses Keimes förderten. Die Ergebnisse bei *K. oxytoca* waren weniger deutlich. Hier neigten die harten Kunststoffe in geringem Ausmaß zu einer stärkeren Besiedelung mit dem Keim als die weichen Materialien. Alle Materialien ließen die Tendenz zur Verminderung der Anlagerung dieses Keimes mit der Alterung erkennen. Einzige Ausnahme bildete das A-Silikon Mucopren soft. Angesichts der erhöhten Besiedelung durch *C. albicans* mit der Alterung erwiesen sich alle Produkte gleichsam als ungünstig. Eine vermehrte Anhaftung des Keimes an den weichen Materialien, wie sie in der Literatur häufig beschrieben wurde, konnte im allgemeinen nicht nachgewiesen werden.

Als Ursache für die unterschiedlichen Ergebnisse muß eine chemische Wirkung der Werkstoffe angenommen werden. Die in der Literatur umstrittene Korrelation zwischen der Oberflächenrauigkeit und der Zahl der anhaftenden Keime konnte nicht bestätigt werden. Eine Reduzierung des Einflusses der Oberflächenbeschaffenheit durch den verwendeten Speichel muß in Betracht gezogen werden.

Die *in vitro* ermittelten Ergebnisse liefern nur Ansatzpunkte zur mikrobiologischen Bewertung der untersuchten Produkte. Ihre Übertragung auf die klinische Situation ist schwierig und sollte nur unter Vorbehalt geschehen. Die Resultate des harten Unterfütterungsmaterials Ufi Gel hard C müssen aufgrund der aufgetretenen mangelhaften Oberflächeneigenschaften besonders skeptisch betrachtet werden. Eine Eingliederung des Produktes in die Mundhöhle wäre unter diesen Umständen nicht ratsam.

Letztendlich sind angesichts der experimentellen Ergebnisse aus mikrobiologischer Sicht alle untersuchten Unterfütterungsmaterialien für einen längerfristigen Einsatz in der Mundhöhle als bedenklich anzusehen. Dies begründet sich in erster Linie auf der Förderung der Adhärenz von *C. albicans* und der nachteiligen Beeinflussung der Streptokokkenflora. Keines der Materialien kann als besonders günstig oder ungünstig eingestuft werden. Zudem zeigen die vorliegenden Ergebnisse, daß der Prothesenkunststoff den Unterfütterungsmaterialien keineswegs überlegen ist.

4 Klinische Studie

4.1 Material und Methode

Die klinischen Untersuchungen fanden in enger Zusammenarbeit mit der Praxis des Zahnarztes Dirk Otto in Chemnitz statt.

4.1.1 Patientengut

Es wurden 63 Patienten im Alter von 42 bis 92 Jahren in die klinische Studie einbezogen. Alle Patienten trugen herausnehmbaren Zahnersatz, welcher mit verschiedenen Werkstoffen unterfüttert wurde.

4.1.2 Werkstoffe

Die verwendeten Materialien sind in Tabelle 5 näher charakterisiert. Die Angaben zu den Produkten sind den Mitteilungen der Hersteller entnommen (G2, G6, G7, G9).

Tabelle 5: Verwendete Produkte der klinischen Studie

Produkt Hersteller	Chem. System	Verarbeitungs- modus	Lieferform
Ufi Gel hard Voco	Dimethacrylat	direkt; Kaltpolymerisation	Pulver, Flüssigkeit
Ufi Gel hard C Voco	Dimethacrylat mit Füllstoffen	direkt; Kaltpolymerisation	Mischkartusche
Mollosil plus Detax	A-Silikon	direkt; Kaltpolymerisation	Mischkartusche
Weitur-Press Weithas	MMA/PMMA	indirekt; Kaltpolymerisation	Pulver, Flüssigkeit

Es handelt sich hierbei um einen weichen (Mollosil plus) und zwei harte (Ufi Gel hard, Ufi Gel hard C) Unterfütterungskunststoffe. Als Kontrollgruppe dienten neu hergestellte Prothesen aus dem Prothesenbasiskunststoff Weitur-Press.

Entsprechend den vier verwendeten Materialien wurden die Patienten in vier Gruppen eingeteilt. Nach Abschluß der Studie waren direkte Unterfütterungen mit Mollosil plus bei 22 Patienten, mit Ufi Gel hard bei 12 und mit Ufi Gel hard C bei 17 Patienten durchgeführt sowie neue Prothesen aus Weitur-Press bei 12 Patienten eingegliedert worden.

Die Unterfütterungen erfolgten jeweils streng nach Herstellerangaben. Eine Oberflächenbearbeitung der harten Kunststoffe fand nur an den Prothesenrändern und an detaillierten Oberflächenbereichen zwecks Vermeidung von Druckstellen statt. Die zur Schleimhaut zeigenden Oberflächen wurden ansonsten weitestgehend belassen. Die Prothesenreinigung sollten die Patienten unter fließendem Wasser mit einer Bürste vornehmen.

4.1.3 Mikrobiologische Untersuchung

Zu verschiedenen Zeitpunkten – jeweils direkt vor der Unterfütterung sowie vier Wochen und sechs Monate nach der Unterfütterung - wurden Abstriche vorgenommen. Diese erfolgten mittels Tupfer zum einen von der Unterseite der unterfütterten Prothese, zum anderen von der Wangenschleimhaut des Patienten. Der Tupfer wurde anschließend in ein spezielles Transport-Medium (TRANSWAB , Firma: MAST DIAGNOSTICA, Reinfeld, Deutschland) gegeben und in das Institut für Medizinische Mikrobiologie nach Jena verschickt.

Hier begann die mikrobiologische Diagnostik mit dem Aufbringen des Keimmaterials vom Tupfer auf feste Nährmedien (jeweils Columbia-Agar, Winkle-Agar und Sabouraud Chloramphenicol-Agar; siehe Kapitel 3.1.2.) im Sinne eines Verdünnungsausstriches. Die Bebrütung der Columbia-Agar-Platten fand bei 37 °C mit 5 % CO₂, die der anderen Platten bei 37 °C aerob statt. Anschließend wurden die angewachsenen Keime semiquantitativ bestimmt und mit Ausnahme der Mundflora (orale Streptokokken, Neisserien, Korynebakterien u.a.) zur weiteren Differenzierung isoliert. Diese erfolgte kolonie- und zellmorphologisch sowie nach biochemischen Kriterien.

Die gramnegativen Bakterien wurden mit der „bunten Reihe“ des BBLCRYSTAL E/NF-Systems differenziert und dabei in zwei Gruppen unterteilt: 1. Enterobakterien, wie Enterobacter, Klebsiellen und *E. Coli*, welche als fakultativ-pathogene Gattungen zur physiologischen Bakterienflora des Darmes gehören, und 2. Nonfermenter, wie Pseudomonaden und Acinetobacter, welche als „Naß- oder Pfützenkeime“ gefährliche nosokomiale Infektionen verursachen können. Sie sind im Gegensatz zu den Enterobakterien nicht zur fermentativen Energiegewinnung in der Lage, d.h. sie können Kohlenhydrate nicht durch Gärung verwerten (29). Mittels CHROMagar Candida wurden die Sproßpilze differenziert, deren wichtigster Vertreter *C. albicans* ist (29, 30).

Zu den Zeitpunkten der Abstrichentnahmen erfolgte durch den Zahnarzt Herrn D. Otto jeweils auch eine Befunderhebung an den Schleimhautbereichen, die in Kontakt mit den untersuchten Kunststoffen lagen. Entzündliche Erscheinungen, wie Rötung und Schwellung der Schleimhaut, Hyperplasien und subjektive Empfindungen (Schleimhautbrennen, Trockengefühl) galten als Anhaltspunkte für das Vorliegen einer Prothesenstomatitis.

4.1.4 Statistische Auswertung

Zur statistischen Analyse der aus den Abstrichen gewonnenen Ergebnisse wurde der Wilcoxon-Test herangezogen. Die Auswertung der Schleimhaut-Befunde im Hinblick auf die mikrobiologischen Resultate erfolgte mittels Mann-Whitney-Test.

4.2 Ergebnisse

4.2.1 Quantitative Auswertung

In den nachfolgenden Abbildungen werden die Häufigkeiten der vier verschiedenen Keimgruppen zu den drei Zeitpunkten (1 = vor Unterfütterung; 2 = vier Wochen nach Unterfütterung; 3 = sechs Monate nach Unterfütterung) bei den unterschiedlichen Materialgruppen graphisch dargestellt. Tabelle 6 verdeutlicht das Schema des verwendeten Scoresystems.

Tabelle 6: Häufigkeit der Keimgruppen der klinischen Studie: Scoresystem

Häufigkeit der Keimgruppe in der gesamten kultivierbaren Flora	Score
kein Nachweis	0
< 1 %	1
1 – 10 %	2
10 – 50 %	3
> 50 %	4

Mollosil plus

Die Veränderungen der Keimflora bei den Patienten der Mollosil plus-Gruppe gibt die Abb. 9 wieder.

Die Mundflora, welche während des gesamten Zeitraumes in der Keimflora dominierte, wurde auf den Schleimhäuten kaum beeinflusst. Auf den Prothesen war zunächst ein Rückgang, später ein Zuwachs zu erkennen, jedoch ohne nachweisbare Signifikanz.

Bei den Enterobakterien waren auf den Wangenschleimhäuten keine signifikanten Veränderungen zu erkennen. Auf den Prothesen konnten sich die Keime innerhalb der ersten vier Wochen deutlich vermehren ($p < 0,05$). Die nachfolgende Abnahme der Keimzahl war nicht statistisch zu sichern.

Die Nonfermenter lagen in ähnlicher Anzahl vor wie die Enterobakterien. Bei ihnen ließen sich im Verlauf der Untersuchungen sowohl auf den Schleimhäuten als auch auf den Prothesen keine signifikanten Veränderungen nachweisen.

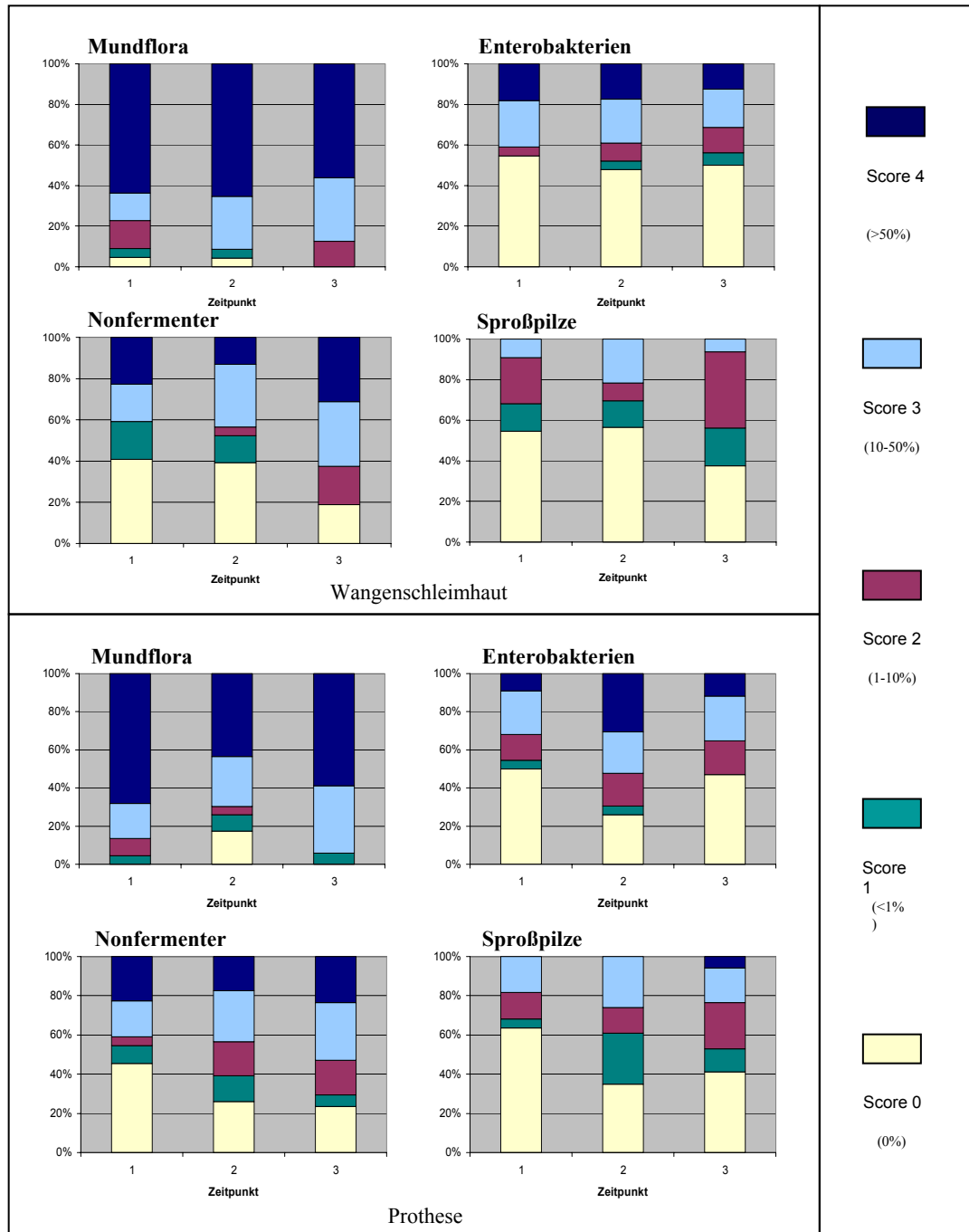


Abb. 9: Veränderungen der Keimflora auf Wangenschleimhaut und Prothese bei Patienten mit Unterfütterungen aus Mollosil plus

Die Sproßpilze zeigten vier Wochen nach Unterfütterung einen Anstieg der Keimzahlen auf den Prothesen ($p < 0,05$). Alle weiteren Beobachtungen waren nicht statistisch zu belegen.

Ufi Gel hard

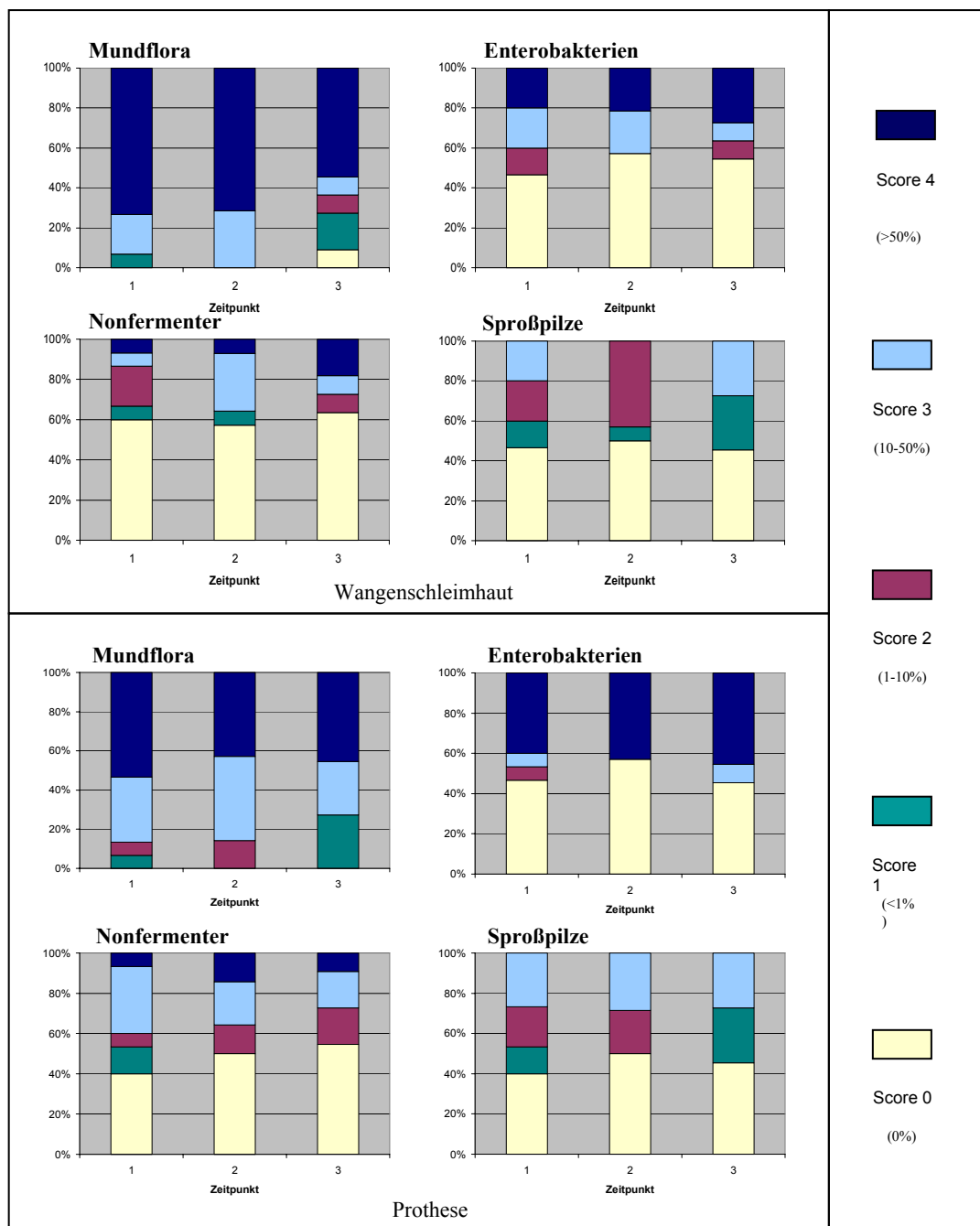


Abb. 10: Veränderungen der Keimflora auf Wangenschleimhaut und Prothese
bei Patienten mit Unterfütterungen aus Ufi Gel hard

Abb. 10 verdeutlicht die mikrobiellen Verhältnisse bei den Patienten der Ufi Gel hard-Gruppe.

Die Mundflora ließ auf den Schleimhäuten und Prothesen die Tendenz einer Abnahme erkennen. Die Zahl der Enterobakterien schien jeweils zu steigen. Diese beiden

Beobachtungen konnten allerdings nicht statistisch gesichert werden. Auch bei den Nonfermentern und den Sproßpilzen waren die Veränderungen ebenfalls nicht statistisch zu belegen.

Ufi Gel hard C

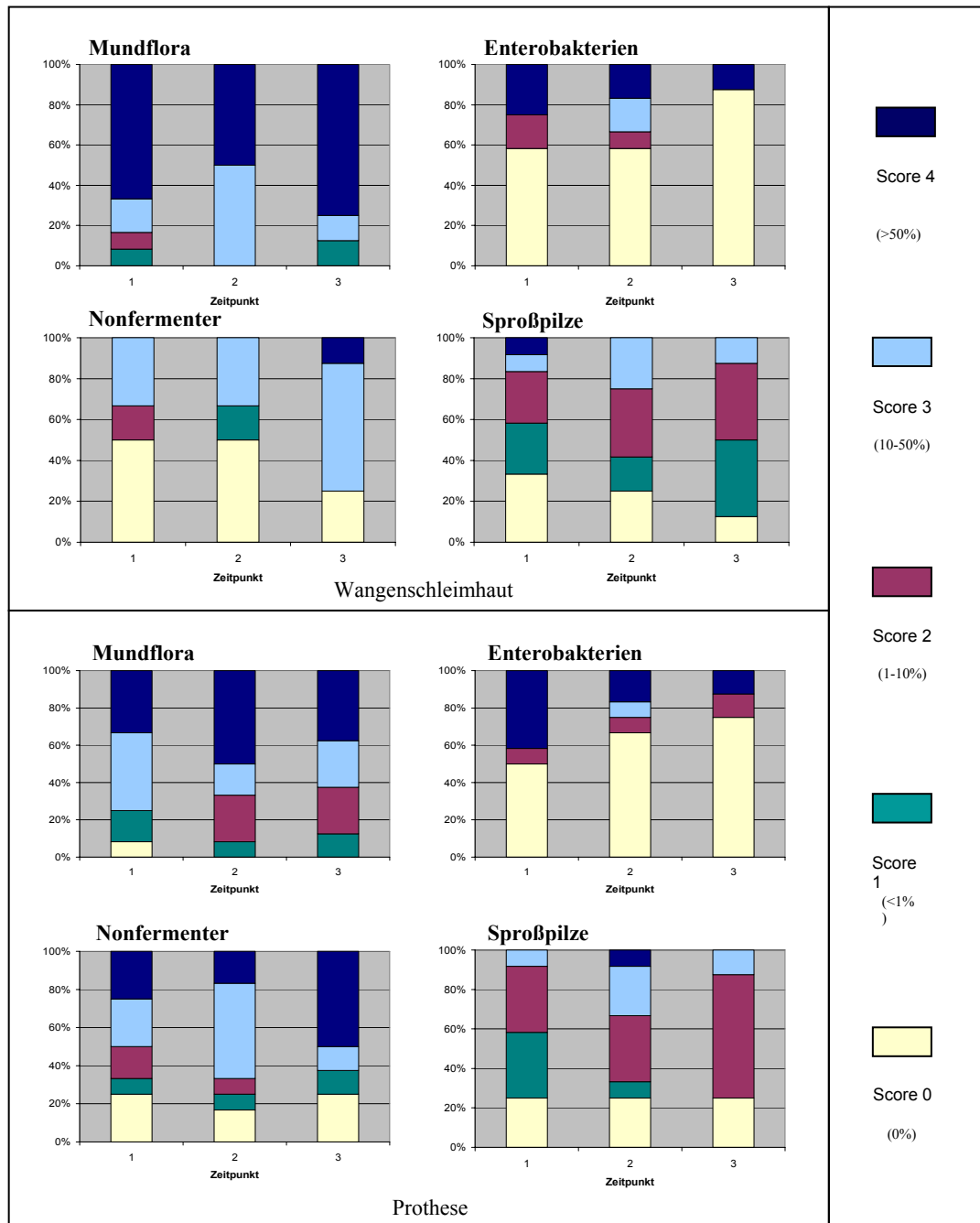


Abb. 11: Veränderungen der Keimflora auf Wangenschleimhaut und Prothese bei Patienten mit Unterfütterungen aus Ufi Gel hard C

Abb. 11 stellt die Veränderungen der Keimflora bei den Patienten der Ufi Gel hard C-Gruppe dar.

Bei den Patienten mit Ufi Gel hard C wurde die gesamte Keimflora ebenfalls nicht signifikant beeinflusst. Es waren jedoch folgende Tendenzen zu beobachten.

Die Mundflora zeigte auf den Schleimhäuten zunächst einen Abfall und schließlich eine Zunahme der Keimzahl. Auf den Prothesen wurde ein entgegengesetztes Verhalten erkennbar. Bei den Enterobakterien war auf Schleimhäuten und Prothesen eine Verringerung der Keimmenge, bei den Nonfermentern dagegen jeweils eine Zunahme zu erkennen. Die Zahl der Sproßpilze veränderte sich kaum.

Kontrolle (Neueingliederung von Prothesen)

Abb. 12 gibt die mikrobielle Besiedelung bei den Patienten der Kontrollgruppe wieder.

Bei den neu angefertigten Prothesen der Kontrollgruppe hatte die Mundflora auf den Schleimhäuten nach vier Wochen und nach weiteren fünf Monaten jeweils zugenommen ($p < 0,05$). Zum Zeitpunkt der dritten Abstrichentnahme betrug bei allen Patienten der Kontrollgruppe der Anteil der Mundflora an der gesamten kultivierbaren Flora mehr als 50 %. Auf den Prothesen ließ sich die Tendenz einer anfänglichen Vermehrung und einer anschließenden Verringerung der Keimzahl erkennen, aber nicht statistisch beweisen.

Die Zahl der Enterobakterien fiel auf den Schleimhäuten innerhalb des ersten Monats deutlich ab ($p < 0,05$), ansonsten wurden aber keine weiteren signifikanten Veränderungen beobachtet.

Bei den Nonfermentern konnte sowohl auf den Schleimhäuten als auch auf den Prothesen jeweils innerhalb der ersten vier Wochen ein merklicher Rückgang der Keimzahlen verzeichnet werden ($p < 0,01$). In einer Häufigkeit von mehr als 50 % kamen die Nonfermenter vor den Unterfütterungen bei etwa einem Drittel der Patienten und nach vier Wochen bei keinem der Patienten mehr vor. Tendenziell stiegen die Keimzahlen bis zum sechsten Monat wieder an, jedoch ohne nachweisbare Signifikanz.

Die Sproßpilze zeigten außer einer Verringerung ihrer Zahl im ersten Monat auf den Prothesen ($p < 0,05$) keine weiteren signifikanten Veränderungen.

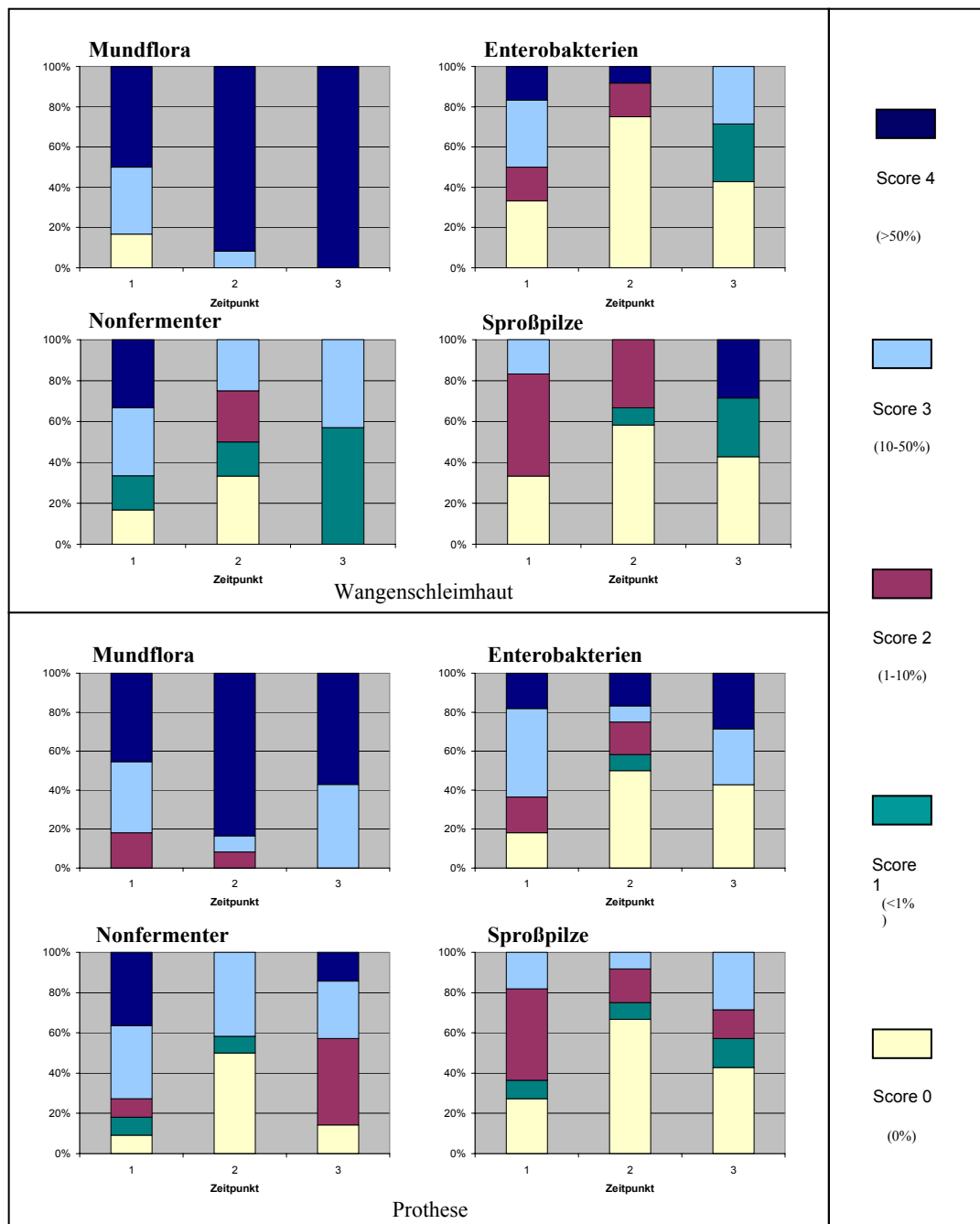


Abb. 12: Veränderungen der Keimflora auf Wangenschleimhaut und Prothese bei Patienten mit neueingegliederten Prothesen aus Weitur-Press (Kontrolle)

4.2.2 Qualitative Auswertung

In der Tabelle 7 sind die aus den Probenmaterialien zu den Zeitpunkten 2 und 3 differenzierten Keime und die Zahl der Patienten, bei welchen sie isoliert wurden, aufgelistet.

Tabelle 7: Vorkommen der isolierten Keime in den jeweiligen Materialgruppen
(n = Gesamtzahl der Patienten)

Keimart	Mollosil plus n=22	Ufi Gel hard n=12	Ufi Gel hard C n=17	Kontrolle n=12
Enterobakterien				
Enterobacter spp.	6	3	2	4
Klebsiella spp.	10	2	6	5
<i>Escherichia coli</i>	5	0	0	0
andere Erreger	6	1	7	2
Nonfermenter				
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	9	0	2	4
Pseudomonas spp.	3	2	4	3
Acinetobacter spp.	12	4	8	5
Andere Erreger	2	2	4	2
Sproßpilze				
<i>Candida albicans</i>	12	8	11	7
<i>Candida glabrata</i>	5	2	2	1
<i>Candida krusei</i>	6	2	2	0
Candida spp.	4	1	0	1

Wie aus Tabelle 7 ersichtlich, wurde die Gruppe der Enterobakterien von Enterobacter species und Klebsiella species dominiert. Die Klebsiellen kamen dabei am häufigsten vor und bevorzugten besonders das weiche Mollosil plus. Auffällig ist, daß *E. coli*-Keime nur bei Mollosil plus vorkamen.

Die vorherrschenden Keime der Nonfermenter waren *Acinetobacter species*. Sie wurden ebenso wie *Pseudomonas aeruginosa*, dem wichtigsten Vertreter der Pseudomonaden, zum überwiegenden Teil auf Mollosil plus gefunden.

C. albicans konnte auf allen vier Materialien als häufigster Sproßpilz nachgewiesen werden. Die Arten *Candida glabrata* und *Candida krusei* wurden häufig auf Mollosil plus detektiert.

4.2.3 Prothesenstomatitis

Bei der Untersuchung der Mundschleimhäute der Patienten wurde jeweils vermerkt, ob zum Zeitpunkt der Befundaufnahme eine Prothesenstomatitis vorlag oder nicht. Dies erfolgte zu jeder Abstrichentnahme, um die entzündlichen Veränderungen im Verlauf des Untersuchungszeitraumes beurteilen zu können. Anhand der Befunde wurden Aussagen über das Auftreten der Prothesenstomatitis in Abhängigkeit von den verwendeten Kunststoffen und hinsichtlich der mikrobiellen Flora möglich. In Tabelle 8 sind die materialabhängigen Ergebnisse dargestellt. Die Zahlenangaben entsprechen den Patientenzahlen.

Tabelle 8: Vorkommen von Prothesenstomatitis im Verlauf der Untersuchungen bei den einzelnen Materialgruppen (n = Gesamtzahl der Patienten)

Prothesenstomatitis	Mollosil plus n=22	Ufi Gel hard n=12	Ufi Gel hard C n=17	Kontrolle n=12
zu keinem Untersuchungszeitpunkt nachweisbar	7	5	3	2
zu jedem Untersuchungszeitpunkt nachweisbar	8	4	7	2
nur zu Beginn der Studie nachweisbar	1	3	0	8
nur zu Ende der Studie nachweisbar	5	0	7	0

In allen vier Materialgruppen gab es sowohl Patienten, bei denen zu keinem Zeitpunkt der Studie eine Prothesenstomatitis vorhanden war, als auch Patienten, bei welchen über den gesamten Zeitraum prothesenstomatitische Veränderungen nachgewiesen wurden. Darüber hinaus klang die Prothesenstomatitis bei einigen Patienten, vorwiegend aus der Kontrollgruppe, im Laufe der Untersuchungen ab. Dagegen gab es auch Fälle, in denen eine Prothesenstomatitis erst nach der Unterfütterung der Prothese mit den zu prüfenden Kunststoffen auftrat. Diese Entwicklung wurde ausschließlich bei Patienten der Gruppen Mollosil plus und Ufi Gel hard C beobachtet.

Unabhängig von den Materialien interessierte außerdem die Frage, inwiefern sich die mikrobiellen Befunde von Patienten mit und ohne Prothesenstomatitis unterscheiden. Hierzu wurden die prothesenstomatitischen Befunde aller Patienten und die mikrobiologischen Resultate der Prothesenabstriche jeweils zu den drei Zeitpunkten analysiert.

Zum Zeitpunkt 1, d.h. vor der Unterfütterung, waren auf den Prothesen der Patienten mit Prothesenstomatitis signifikant mehr Sproßpilze nachweisbar ($p < 0,01$) als bei den Patienten ohne Prothesenstomatitis. Zudem fanden sich bei den Prothesenstomatitis-Patienten vermehrt Nonfermenter-Keime. Diese Beobachtung ließ sich jedoch nicht statistisch belegen.

Zum Zeitpunkt 2 (vier Wochen nach der Unterfütterung) wurde bei den Patienten mit Prothesenstomatitis eine jeweils höhere Zahl an Sproßpilzen und Nonfermentern gefunden, jedoch ohne statistische Signifikanz.

Sechs Monate nach der Unterfütterung (Zeitpunkt 3) traten wiederum vermehrt Sproßpilze und Nonfermenter bei den Prothesenstomatitis-Patienten auf. Für die Nonfermenter konnte dies statistisch gesichert werden ($p < 0,05$).

Zusammenfassend lassen diese Ergebnisse erkennen, daß das Auftreten einer Prothesenstomatitis mit einer jeweils gesteigerten Zahl an Sproßpilzen und Nonfermentern verbunden ist.

4.3 Diskussion

4.3.1 Diskussion der Methodik

Die in der zahnärztlichen Praxis von Herrn Dirk Otto verwendeten Unterfütterungsmaterialien wurden nach Herstellerangaben verarbeitet. Da in der Literatur empfohlen wurde, die unterfütterten Prothesenbereiche nicht zu polieren, um die Paßfähigkeit der Prothese nicht zu beeinträchtigen (79), unterblieb eine Politur der Prothesenbasen und somit der unterfütterten Bereiche. Es wurden lediglich scharfe Kanten und Kunststoffperlen entfernt. Die Oberflächen der einzelnen Materialien entsprachen somit ihren im klinischen Gebrauch auftretenden Beschaffenheiten. Eine nähere Untersuchung der Oberflächen anhand von Rauigkeitsmessungen wurde in der klinischen Studie nicht vorgenommen.

Um der Tatsache gerecht zu werden, daß die orale Keimflora topographischen Einflüssen in der Mundhöhle unterworfen ist (2, 52), wurden die Schleimhautabstriche bei allen Patienten von der Wangenschleimhaut gewonnen. Die Mundflora verschiedener Patienten unterliegt außerdem individuellen sowie interindividuellen Schwankungen (2, 25, 56). Zahlreiche Faktoren, wie z.B. Alter, Erkrankungen, Mundhygienegewohnheiten oder Speichelfluß haben Einfluß auf ihre Zusammensetzung. Derartige Parameter blieben zur Übersichtlichkeit der Resultate in der eigenen Studie jedoch unberücksichtigt.

4.3.2 Diskussion der Ergebnisse und vergleichende Betrachtung zu den experimentellen Resultaten

Gegenstand der klinischen Studie war die mikrobiologische Testung eines weichbleibenden und zweier harter Unterfütterungsmaterialien sowie eines Prothesenkunststoffes als Vergleichsmaterial. Im besonderen interessierten hierbei die Besiedelung der einzelnen Materialien mit Mikroorganismen der Mundhöhle sowie die Beeinflussung der oralen Flora durch diese Werkstoffe über einen Zeitraum von jeweils sechs Monaten. Ferner wurden die Reaktionen der Mundschleimhäute auf die Materialien hinsichtlich des Auftretens prothesenstomatitischer Veränderungen beobachtet.

Analog den Angaben der experimentellen Studie bestehen an Kunststoffe im klinischen Gebrauch bestimmte mikrobiologische Anforderungen. Hierzu wurden die aus den Abstrichen isolierten und differenzierten Keime in vier Keimgruppen geordnet. Zur Keimgruppe Mundflora gehören die oralen Streptokokken sowie Neisserien, Corynebakterien und andere. Hinsichtlich dieser Keimgruppe bestand an die Materialien die Forderung, die Mundflora der Schleimhäute nicht zu beeinflussen. Die Gruppe der Enterobakterien umfaßt fakultativ-pathogene Darmbakterien wie Enterobacter-Arten und Klebsiellen. Zur Nonfermenter-Gruppe zählen Naß- und Pfützenkeime wie Pseudomonaden und Acinetobacter-Arten. Eine verstärkte Akkumulation der Keime dieser Gruppen auf Schleimhäuten und Prothesen ist unerwünscht, da es zu einer Verschiebung des mikrobiellen Gleichgewichtes der Mundhöhle kommen kann und die Gefahr oraler oder systemischer Infektionen insbesondere bei älteren und immungeschwächten Patienten steigt (23, 25, 64, 85). Darüber hinaus sind diese Mikroorganismen für ihre unangenehme Geruchsbelästigung bekannt (27). Der Gruppe Sproßpilze gehören verschiedene Candida-Arten an. Sproßpilzen kommt, wie bereits erwähnt, große Bedeutung in der Pathogenese der Prothesenstomatitis zu (8, 9, 14, 17, 46, 91, 102, 103). Aufgrund dessen wurde von den geprüften Kunststoffen ein inhibitorisches Verhalten gegenüber den Sproßpilzen gefordert.

Die quantitative und qualitative Auswertung der gewonnenen Abstriche läßt deutlich erkennen, daß sich die vier Werkstoffe hinsichtlich ihrer mikrobiellen Besiedelung sowie der Beeinflussung der Schleimhautflora sehr unterschiedlich verhielten. Bei allen Materialien dominierte auf den Schleimhäuten und den Prothesen die Mundflora. Trotzdem wurden Nonfermenter, Enterobakterien und Sproßpilze, die normalerweise nur selten und dann in geringer Menge in der Mundhöhle vorkommen, häufig in erhöhten Anteilen nachgewiesen. Dies stimmt mit den Angaben von Lehnert u. Heuser, Catalan et al., Koopmans et al., Bickel u. Geering sowie Butz-Jørgensen et al. (4, 13, 15, 46, 52) zur Zusammensetzung der Prothesenplaque und/oder Schleimhautflora überein.

Der weichbleibende Unterfütterungskunststoff Mollosil plus führte im Gegensatz zu den drei harten Kunststoffen zu keinen bedeutenden Veränderungen der Keimflora auf den Schleimhäuten, ein Verhalten, welches als positiv zu gelten hat. Die Zahl der Mundflora- und Nonfermenterkeime auf den Prothesen wurden von dem A-Silikon ebenfalls nur unwesentlich beeinflusst. Jedoch ließen sich nach einem Monat Tragezeit jeweils signifikant mehr

Enterobakterien und Sproßpilze auf den Prothesen nachweisen. Diese Beobachtung stellt aufgrund der potentiellen Pathogenität dieser Keime einen beträchtlichen Nachteil dar.

Mit den Produkten Ufi Gel hard und Ufi Gel hard C wurden zwei neuere harte Unterfütterungsmaterialien getestet. Beide sind Dimethacrylate und im Unterschied zum Methylmethacrylat toxisch unbedenklich (F3). Laut Hersteller besitzen beide Materialien eine erhöhte Empfindlichkeit gegenüber Luftsauerstoff, wodurch es zu Störungen der oberflächlichen Materialaushärtung kommen kann (G6, G7). Die Kunststoffe unterscheiden sich unter anderem in ihrer chemischen Zusammensetzung und ihrer Anmischweise. Ufi Gel hard C besitzt im Gegensatz zu Ufi Gel hard aufgrund eines größeren Anteils an Doppelbindungen eine bedeutend höhere Reaktivität sowie zusätzlich Füllstoffe. Während Ufi Gel hard C in der Doppelkartusche geliefert wird, erfolgt bei Ufi Gel hard das Anmischen der Komponenten Pulver und Flüssigkeit (F3, G6, G7).

Die Ergebnisse bei beiden Kunststoffen gleichen sich insofern, als daß jeweils keine der beobachteten Veränderungen statistisch signifikant war. Es ließen sich lediglich einige Tendenzen erkennen. Bei Ufi Gel hard kam es auf den Prothesen und Schleimhäuten jeweils zu einer Abnahme der Mundflora und einer Zunahme der Enterobakterien – beides ungünstige Entwicklungen. Die Nonfermenter und Sproßpilze blieben relativ unbeeinflusst. Ufi Gel hard C führte auf den Schleimhäuten zunächst zu einer Reduzierung und im folgenden wieder zu einer Zunahme der Mundflora. Auf den Prothesen verschob sich die Keimflora von hohen Anteilen Enterobakterien zu hohen Anteilen an Nonfermentern. Die Zahlen der Sproßpilze wurden kaum verändert.

Der Kontrollwerkstoff Weitur-Press, ein harter Prothesenkunststoff auf MMA-PMMA-Basis, ließ in jeder Keimgruppe vorteilhafte Ergebnisse erkennen. Die Mundflora erfuhr auf den Schleimhäuten signifikante Zunahmen. Auf den Prothesen nahm sie innerhalb der ersten vier Wochen ebenfalls zu, im weiteren Verlauf folgte tendenziell eine Abnahme. Die Enterobakterien beeinflusste der Kunststoff mit einer signifikanten Reduzierung auf den Schleimhäuten im ersten Monat. Die Zahl der Nonfermenter wurde ebenfalls im ersten Monat sowohl auf den Schleimhäuten als auch auf den Prothesen signifikant vermindert. Zwar zeigten sich zur dritten Abstrichentnahme nach sechs Monaten wieder vermehrt Nonfermenterkeime, jedoch ohne statistische Signifikanz. Bei den Sproßpilzen kam es zu einer signifikante Reduzierung auf den Prothesen in den ersten vier Wochen.

In der Literatur gibt es kaum Veröffentlichungen über vergleichbare Untersuchungen. Mäkila u. Hopsu-Havu (53) wiesen in ihrer Studie über die Sproßpilzbesiedlung von Prothesen ein signifikant höheres Pilzwachstum auf mit C-Silikon unterfütterten Prothesen als auf PMMA-Prothesen ohne Unterfütterung nach. Dies steht mit den eigenen Resultaten insofern im Einklang, als daß bei dem weichen A-Silikon Mollosil plus im Gegensatz zu den drei harten Kunststoffen eine signifikante Steigerung des Pilzbewuchses zu verzeichnen war. Wright (106) beobachtete in einer ebenfalls klinischen Studie bei weichbleibenden Unterfütterungsmaterialien einen Zuwachs an adhärierenden Pilzen nach einem Zeitraum von sechs Monaten. Die auch von anderen Autoren allgemeine Bemerkung einer stärkeren Keimbesiedelung weichbleibender Kunststoffe (20, 50, 81) kann somit bestätigt werden.

Verglichen mit den Ergebnissen der eigenen In vitro-Versuche konnten kaum Übereinstimmungen festgestellt werden. Lediglich die Zunahme von *C. albicans* bei Mollosil plus und die Abnahme der Streptokokken bzw. Mundflora sowie der Enterobakterien bei Ufi Gel hard C deckten sich in beiden Studien. Besonders konträre Resultate ließen sich hinsichtlich der Besiedelung von Mollosil plus durch die Enterobakterien und in der Anlagerung von *C. albicans* an den Prothesenkunststoffen erkennen. Ein Vergleich der Ergebnisse beider Studien sollte auf Grund des zeitlichen Aspektes unter Vorbehalt geschehen. In der experimentellen Studie wurde die initiale Adhärenz der Mikroorganismen nach zweistündiger Inkubationsdauer untersucht, die klinische Studie dagegen erstreckte sich über einen Untersuchungszeitraum von mehreren Monaten. Da die klinische Versuchsreihe unter klinischen Bedingungen durchgeführt wurde, kommt ihren Ergebnissen die größere Bedeutung zu.

Es ist bekannt, daß Enterobakterien sowie Sproßpilze bei Prothesenträgern häufiger auftreten als bei Nichtprothesenträgern (9, 27, 78). Anhand einer qualitativen Analyse der Abstrichmaterialien sollte die Frage geklärt werden, ob die in der Studie getesteten Kunststoffe die Ansiedlung verschiedener fakultativ-pathogener Keimarten fördern oder nicht. Aus den Ergebnissen läßt sich erkennen, daß Mollosil plus jeweils bevorzugt von *Klebsiella species*, *Acinetobacter species*, *P. aeruginosa* und den Sproßpilzen mit Ausnahme von *C. albicans* besiedelt wurde. Darüber hinaus war es der einzige Kunststoff, bei welchem *E. coli* nachgewiesen wurde. *E. coli* gehört in geringer Menge zur normalen Durchgangsflora der Mundhöhle (2, 30). Daß der Keim bei keinem der harten Kunststoffe, dafür aber bei etwa einem Fünftel der Patienten mit Mollosil plus-Unterfütterungen gefunden wurde, ist sehr

unwahrscheinlich ein Zufallsbefund. Goldberg et al. (27) entdeckten in ihren Versuchen, daß *E. coli* an Prüfkörpern aus Methylmethacrylat nicht adhärierte. Diese Beobachtung stimmt mit den eigenen Ergebnissen überein, läßt aber die Klärung der Ursache offen.

Ein Vergleich der drei harten Materialien in der Anlagerung fakultativ-pathogener Mikroorganismen zeigt folgende Verteilung der Ergebnisse: Sproßpilze adhärierten bevorzugt an Ufi Gel hard, nichtdifferenzierte Enterobakterien und Nonfermenter sowie *Acinetobacter species* vorwiegend an Ufi Gel hard. *C. Enterobacter species*, *Klebsiella species* und *Pseudomonaden* besiedelten von den harten Kunststoffen am häufigsten Weitur-Press. In Analogie zu anderen Studien (53, 105, 106) ergab die Aufschlüsselung der Sproßpilzgruppe ein deutliches Überwiegen von *C. albicans* bei allen vier Kunststoffen.

Für die unterschiedliche mikrobielle Besiedelung der einzelnen Kunststoffe und die verschiedenartigen Wirkungen der Materialien auf die Mikroorganismen der Mundhöhle kommen mehrere Ursachen in Frage.

Zum einen wurden die Ergebnisse von den Materialien selbst beeinflusst. Wie in Kapitel 3.3.2. bereits dargestellt, muß an hemmende und auch fördernde Effekte chemischer Werkstoffbestandteile gedacht werden. Die Verwertbarkeit bestimmter Inhaltsstoffe durch Mikroorganismen, wie von Kühlwein u. Demmer, Engelhard sowie Engelhard u. Grün (19, 21, 48) beschrieben, wäre für eine verstärkte Ansiedelung der Keime auf dem entsprechenden Kunststoff verantwortlich. Im Gegensatz zu den experimentellen Versuchen erscheint ein solcher Zusammenhang in der klinischen Studie auf Grund der längeren Kontaktzeit zwischen Mikroorganismen und Werkstoff möglich.

Ebenso können toxische Materialkomponenten die Anlagerung von Mikroorganismen behindern. Der Kontrollwerkstoff Weitur-Press enthält als Monomer das Methylmethacrylat, welches von mehreren Autoren als toxisch beschrieben wurde (9, 20, 43). PMMA-Kunststoffe sind nach der Polymerisation unvollständig auspolymerisiert und enthalten noch geringe Mengen reinen Monomers. Dieses sogenannte Restmonomer diffundiert in der darauffolgenden Zeit aus dem Kunststoff (9, 20). Toxische Monomerwirkungen könnten für die signifikante Reduzierung der Enterobakterien, Nonfermenter und Sproßpilze bei Weitur-Press in den ersten vier Wochen verantwortlich sein. Breustedt und Tsuchiya et al. (9, 82) machten jedoch darauf aufmerksam, daß das Restmonomer bereits wenige Tage nach der

Polymerisation aus dem Kunststoff entwichen ist und auch Welker et al. nennen die antimikrobiellen Wirkungen dentaler Werkstoffe zeitlich sehr begrenzt (93).

Die Wirkungen von Werkstoffbestandteilen auf Mikroorganismen stellen einen bisher kaum erforschten Bereich dar. Die Erklärung der vorliegenden Ergebnisse auf Grund derartiger Überlegungen ist auch insofern schwierig, als über die chemische Zusammensetzung der verwendeten Kunststoffe kaum etwas bekannt ist.

Im Hinblick auf die Mikroorganismen weiß man ebenfalls nur allgemein, daß die verschiedenen Bakterienspezies unterschiedlich empfindlich gegenüber Werkstoffen sind und individuelle Affinitäten zu verschiedenen Materialoberflächen besitzen (1, 93). Dies konnte in zahlreichen Untersuchungen beobachtet werden (20, 21, 65, 72, 91, 107). Darüber hinaus beeinflussen sich Mikroorganismen auch gegenseitig (62, 76).

Als weiterer ursächlicher Faktor für die dargelegten Ergebnisse spielt die Hygienisierung der untersuchten Kunststoffe eine große Rolle. Obwohl alle Patienten die gleichen Anweisungen zur Prothesenreinigung erhielten, wiesen ihre Prothesen im Laufe der Untersuchungen sehr unterschiedliche Hygienezustände auf (66). Dies mag, wie Pietrokowski et al. (68) in ihrer Studie über die Prothesenhygiene von Krankenhauspatienten beschrieben, sowohl in verschiedenen Hygienegewohnheiten, physischen Einschränkungen oder manuellen Fertigkeiten insbesondere bei älteren Patienten als auch im Bildungsniveau, der Motivation und dem Verständnis der Patienten begründet sein. Bei vielen Patienten konnten sie eine deutliche Diskrepanz zwischen ihren Angaben zur Häufigkeit und Intensivität ihrer Prothesenreinigung und den tatsächlich vorhandenen Belägen erkennen.

Neben der Prothesenhygiene durch die Patienten hat fernerhin die Prothese selbst eine besondere Bedeutung bei der Ansammlung von Belägen. Die Hygienisierbarkeit eines Zahnersatzes ist einerseits von seinen Materialeigenschaften und andererseits von seiner Gestaltung abhängig. Beide Aspekte tragen zur Erklärung der eigenen Ergebnisse wie folgt bei.

Alle Patienten wurden in gleicher Weise zur Reinigung ihrer Prothesen mittels Wasser und Bürste und ohne zusätzliche Reinigungsmittel angewiesen. Es sollte die Beeinflussung der Resultate durch verschiedenste chemische Reinigungsmittel vermieden werden. Für Prothesen

ohne weichbleibende Unterfütterung ist diese Art der Reinigung die übliche Methode (10, 79, 100). Bei weichbleibenden Materialien wie Mollosil plus führt sie jedoch zu starken Oberflächenläsionen (103), da das Material den einwirkenden Kräften nicht standhalten kann. Die Reinigung weichbleibender Kunststoffe stellt generell ein Problem dar (23, 53) und ist mitverantwortlich für die verstärkte mikrobielle Besiedelung dieser Materialien (20, 50, 53, 81). Verschiedenste chemische Reinigungsmittel sind auf dem Markt erhältlich. Zum einen ist deren Effektivität in der Reduzierung von mikrobiellen Belägen sehr unterschiedlich, zum anderen verursachen sie oftmals eine Schädigung der Kunststoffoberfläche (24, 60, 71, 103). Nikawa et al. (60) kamen nach Untersuchung verschiedener weichbleibender Materialien und chemischer Reiniger zu dem Schluß, daß bei der Auswahl eines chemischen Prothesenreinigers insbesondere dessen Kompatibilität mit dem Material des Zahnersatzes zu berücksichtigen ist. Die Hersteller von Mollosil plus entwickelten aus diesem Grunde mit der Sprühlösung „good morning spray“ einen Reiniger speziell für ihr Unterfütterungsmaterial (F1). Eine klinische Untersuchung dieses Produktes hat bereits in der Prothetischen Abteilung der Zahnklinik der Friedrich-Schiller Universität Jena begonnen.

Walter (89) machte für die Belagsansammlungen auf Prothesen die Gestaltung des Zahnersatzes verantwortlich. Er fand an Prothesen typische Prädilektionsstellen, wie stark ausgearbeitete Interdentalräume und raue Prothesenbasen. Eine Prädilektionsstelle wurde auch auf den mit Mollosil plus-unterfütterten Prothesen beobachtet. Dort war an der Grenze zwischen hartem Prothesenkunststoff und weicher Unterfütterung in der überwiegenden Zahl der Fälle kein fließender Übergang zu erkennen. An diesen Stellen traten Randspalte auf, welche nicht korrigiert werden konnten, da das weiche Mollosil plus äußerst schlecht zu bearbeiten ist (66). Sie fungierten höchstwahrscheinlich als mikrobielle Retentionsnischen und könnten an der vermehrten Anlagerung bestimmter Keime, wie für Mollosil plus nachgewiesen, beteiligt gewesen sein.

Neben der mikrobiologischen Testung der vier Kunststoffe wurde in der klinischen Studie das Vorkommen entzündlicher Veränderungen auf den Mundschleimhäuten der Patienten dokumentiert. Die genaue Ätiologie der Prothesenstomatitis bei Prothesenträgern ist bisher noch unklar (102). Unter anderem werden mechanische Irritationen der Mundschleimhaut durch eine raue Prothesenoberfläche für die Entzündung verantwortlich gemacht (8, 9, 10, 12, 92, 100, 102). Diese Tatsache würde das vermehrte Auftreten von Prothesenstomatitiden

bei den Patienten mit Unterfütterungen aus Ufi Gel hard C erklären, da dieses Material auch in der klinischen Studie eine besonders raue Oberfläche aufwies.

In der Literatur werden neben mechanischen Ursachen auch chemisch-toxische, allergische und allgemeinmedizinische Einflüsse sowie vor allem die mikrobiellen Beläge der Prothesen diskutiert (8, 9, 10, 12, 92, 100, 102). Eine Infektion mit *C. albicans* ist heutzutage als einer der bedeutendsten ätiologischen Faktoren der Prothesenstomatitis anerkannt (8, 9, 12, 53, 62, 70, 85, 91, 102). Die Ergebnisse der eigenen klinischen Studie können diesen Fakt bestätigen. Im Verlauf der Studie wurde beobachtet, daß bei den meisten Patienten der Kontrollgruppe die Prothesenstomatitis ausheilte. Währenddessen trat sie bei Patienten der Mollosil plus-Gruppe erst mit der Unterfütterung der Prothesen auf. Die bereits beschriebene signifikante Reduzierung der Sproßpilz-Zahlen bei der Kontrollgruppe und die signifikante Vermehrung dieser Keime auf Mollosil plus könnten für die genannten Beobachtungen verantwortlich sein. Insbesondere da außerdem in der Studie analog zu anderen Autoren (13, 17, 46, 64) jeweils erhöhte Sproßpilzzahlen bei den Patienten mit Prothesenstomatitis nachgewiesen wurden. Darstellungen zur Pathogenese der Prothesenstomatitis infolge einer Infektion mit *C. albicans* erfolgten bereits in Kapitel 1.4. Außer einer Korrelation der Häufigkeit der Prothesenstomatitis mit dem Vorkommen von *C. albicans* konnte auch eine Vermehrung der Nonfermenter-Keime bei Patienten mit Prothesenstomatitis beobachtet werden. In der Literatur wurde ein solches Ergebnis bisher noch nicht beschrieben. Denkbar wäre hinsichtlich der eigenen Resultate ein Zusammenhang zwischen der tendenziellen Zunahme der Nonfermenter und dem gesteigerten Auftreten von Prothesenstomatitiden bei Ufi Gel hard C. Lediglich Koopmans et al. (46) wiesen darauf hin, daß neben *C. albicans* auch Bakterien an der Entwicklung einer Prothesenstomatitis beteiligt sein können.

Abgesehen von den mikrobiologischen Ergebnissen wurde an den Unterfütterungen in der zahnärztlichen Praxis und an den Prüfkörpern der experimentellen Versuche eine Beobachtung gleichsam gemacht: Ufi Gel hard C besaß jeweils eine besonders raue, inhomogene und schmierige Oberfläche (66). Der andere harte Unterfütterungskunststoff der klinischen Studie Ufi Gel hard ist laut Herstellerangaben ebenso wie Ufi Gel hard C empfindlich gegenüber Luftsauerstoff. Seine Oberfläche war jedoch nach Angabe des Zahnarztes jeweils glatt und ohne besondere Mängel. Die Ursache für die Oberflächenbeschaffenheit des Ufi Gel hard C muß in der Zusammensetzung des Materials liegen.

4.3.3 Schlußfolgerungen zur klinischen Studie

Im Gegensatz zu den Erkenntnissen der experimentellen Untersuchung zeigten sich die klinisch geprüften Kunststoffe deutlich differenzierter hinsichtlich ihrer mikrobiologischen Effekte. Die Resultate der quantitativen und qualitativen Auswertung zusammenfassend, stellt sich das weichbleibende Mollosil plus auf Grund der vielfachen unerwünschten Ergebnisse als nachteiligster der vier geprüften Werkstoffe dar. Im Laufe seines klinischen Einsatzes wurde es vermehrt von Enterobakterien und Sproßpilzen besiedelt, und von allen Kunststoffen förderte es die Anlagerung fakultativ-pathogener Keime am meisten. Darüber hinaus begünstigte der weiche Kunststoff die Entwicklung der Prothesenstomatitis.

Daß bei den beiden harten Unterfütterungskunststoffen Ufi Gel hard und Ufi Gel hard C keine signifikanten Veränderungen der Keimflora im Verlauf der Studie zu beobachten waren, kann verglichen mit Mollosil plus als vorteilhaft, im Hinblick auf die positiven Resultate bei dem Prothesenkunststoff Weitur-Press aber auch als ungenügend betrachtet werden. Nach Unterfütterung der Prothesen mit Ufi Gel hard traten im Gegensatz zu Ufi Gel hard C keine neuen Prothesenstomatitiden auf. Ufi Gel hard ist daher dem Ufi Gel hard C vorzuziehen. Von einer Anwendung des Ufi Gel hard C am Patienten muß auf Grund der mikrobiologischen Resultate und insbesondere wegen seiner unakzeptablen Oberfläche in jeweils beiden Studien generell abgeraten werden.

Der Prothesenkunststoff Weitur-Press überzeugte mit seinen signifikant günstigen Ergebnissen, welche den mikrobiologischen Anforderungen an einen Kunststoff entsprachen. Auf Grund dessen ist dieser Prothesenkunststoff der vorteilhafteste der geprüften Kunststoffe dieser Studie. Durch Neueingliederung von Prothesen verbessern sich offensichtlich die hygienischen Verhältnisse grundlegend.

Analog den Ausführungen in der experimentellen Studie sind die biologischen Effekte löslicher Materialkomponenten und die spezifischen Eigenschaften der Mikroorganismen als Ursache für die unterschiedliche Kolonisation der Mikroorganismen auf den Werkstoffen anzusehen. Darüber hinaus zeigte sich, daß im klinischen Gebrauch der Materialien die Prothesenhygiene eine entscheidende Rolle spielt. Die unzureichende Hygienisierbarkeit des Mollosil plus auf Grund seiner Konsistenz und der beobachteten Randspalte im Grenzbereich zwischen Unterfütterungsmaterial und Prothesenkunststoff stellt vermutlich den wichtigsten

ursächlichen Faktor für die stärkere Keimbesiedelung des weichen Unterfütterungskunststoffes dar. Neben einer Verbesserung des Werkstoffes an sich wären Anstrengungen hinsichtlich der Optimierung der Hygienisierbarkeit des Materials sehr sinnvoll. Momentan ist Mollosil plus aus mikrobiologischer Sicht für einen längerfristigen klinischen Einsatz nicht zu empfehlen.

Verglichen mit den Ergebnissen der experimentellen Studie wurden nur wenige Übereinstimmungen gefunden. Durch die klinische Studie konnte bestätigt werden, daß auch neuere weichbleibende Unterfütterungsmaterialien auf A-Silikon-Basis mit dem Nachteil einer deutlichen mikrobiellen Besiedelung behaftet sind. Von den geprüften Unterfütterungskunststoffen ist nur der harte Kunststoff Ufi Gel hard empfehlenswert.

Die Untersuchungen der klinischen Studie zur Prothesenstomatitis konnten die Zusammenhänge erhärten, daß unzureichende Prothesenhygiene, eine raue Oberfläche und erhöhte Zahlen an *C. albicans* die Entwicklung einer Prothesenstomatitis fördern. Die beobachtete Zunahme der Nonfermenter läßt die Bedeutung der Bakterien als ätiologischer Faktor der Prothesenstomatitis erkennen, ein Fakt, über welchen bisher nur wenig bekannt ist.

5 Zusammenfassung beider durchgeführter Studien

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, verschiedene Unterfütterungsmaterialien aus mikrobiologischer Sicht zu testen. In einer experimentellen Untersuchung wurde die initiale Adhärenz ausgewählter Keimarten an Prüfkörpern erforscht und hinsichtlich der Einflüsse Materialalterung und Oberflächenrauigkeit analysiert. Eine klinische Studie beschäftigte sich mit dem Verhalten der Kunststoffe im mikrobiellen Milieu der Mundhöhle. Das Augenmerk richtete sich hierbei auf die Besiedelung der Materialien mit harmlosen und fakultativ-pathogenen Keimen der Mundhöhle. Darüber hinaus erfolgte die Auswertung prothesenstomatologischer Befunde im Zusammenhang mit den geprüften Werkstoffen und den mikrobiologischen Resultaten.

Die Materialien der experimentellen Studie waren fünf weichbleibende Unterfütterungskunststoffe (die A-Silikone Ufi Gel C, Mollosil plus und Mucopren soft, das C-Silikon Mollosil und das silikonverwandte Fluorelastomer Flexor), ein harter Unterfütterungskunststoff (das füllstoffhaltige Dimethacrylat Ufi Gel hard C) sowie ein Prothesenkunststoff auf MMA-PMMA-Basis (Palapress) als Vergleichsmaterial. In der klinischen Studie wurden ein weichbleibender (A-Silikon Mollosil plus) und zwei harte Unterfütterungskunststoffe (Dimethacrylat Ufi Gel hard und füllstoffhaltiges Dimethacrylat Ufi Gel hard C) sowie ebenfalls ein Prothesenkunststoff auf MMA-PMMA-Basis (Weitur-Press) untersucht.

In der **experimentellen Studie** wurden standardisiert und steril angefertigte Kunststoff-Prüfkörper sowohl neu als auch gealtert (nach DIN 53508) zunächst für eine Stunde in sterilem Speichel gelagert. Aus Monokulturen der Spezies *Streptococcus salivarius*, *Streptococcus sanguis*, *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella oxytoca* und *Candida albicans* wurden jeweils Keimsuspensionen hergestellt. Nach Mischung mit flüssigem Nährmedium und Zugabe der Prüfkörper erfolgte die Inkubation der Proben für zwei Stunden. Anschließend wurden die Prüfkörper in sterile NaCl-Lösung übertragen und zur Ablösung der adhärennten Keime in ein Ultraschallbad gegeben. Einer Verdünnung dieser Lösung folgte die Ausspatelung auf feste Nährmedien und die anschließende Bebrütung. Die koloniebildenden Einheiten wurden gezählt und die Keimzahlen unter Beachtung der Verdünnungsstufen errechnet. Darüber hinaus wurden die Oberflächenrauigkeiten der Prüfkörper ermittelt. Von

ausgewählten Prüfkörpern wurden rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen zur visuellen Beurteilung der Kunststoffoberflächen und der anhaftenden Keime angefertigt.

Die Ergebnisse der experimentellen Studie zeigten, daß keiner der geprüften Kunststoffe den mikrobiologischen Anforderungen insgesamt gerecht wurde. Jedes Material wies Vor- und Nachteile auf. Erwünscht war die Anlagerung der Streptokokken an den Kunststoffen, unerwünscht dagegen die Adhärenz von *E. cloacae*, *K. oxytoca* und *C. albicans*. Die weichbleibenden Unterfütterungsmaterialien erwiesen sich mit einer geringen Anlagerung von *S. salivarius* und einer Förderung von *C. albicans* als mangelhaft. In der Adhärenz der anderen Keime wurden sehr unterschiedliche, teils vorteilhafte, teils nachteilige Ergebnisse ermittelt. Auf dem harten Unterfütterungskunststoff Ufi Gel hard C konnten zumeist sehr geringe Keimzahlen beobachtet werden. Der Prothesenkunststoff Palapress war gegenüber den Unterfütterungsmaterialien weder als günstiger noch als ungünstiger zu bewerten.

Die weichbleibenden Kunststoffe wiesen wesentlich glattere Oberflächen auf als die beiden harten Materialien. Von diesen besaß der Unterfütterungskunststoff Ufi Gel hard C die mit Abstand größten Mittenrauhwerte, vermutlich infolge einer unvollständigen Polymerisation des Materials. Eine in der Literatur oftmals beschriebene verstärkte Anlagerung von Mikroorganismen an rauheren Oberflächen konnte in der eigenen Untersuchung nicht bestätigt werden. Als ursächlich wird hierbei der verwendete Speichel vermutet, welcher die Prüfkörperoberflächen benetzte und den Einfluß der Oberfläche auf die Keimadhärenz wahrscheinlich modifizierte. Die rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen konnten sowohl die ermittelten Oberflächenrauigkeiten als auch die Adhärenz der Keime auf den Prüfkörpern optisch bestätigen.

Für die **klinische Studie** wurden die Prothesen von Patienten mit den genannten Unterfütterungskunststoffen unterfüttert und zum Vergleich neue Prothesen aus Weitur-Press eingegliedert. Über einen Zeitraum von sechs Monaten erfolgte bei jedem Patienten die Entnahme von drei Abstrichen jeweils von Prothese und Wangenschleimhaut sowie die Befundung prothesenstomatitischer Erscheinungen an der Mundschleimhaut. Nach quantitativer und qualitativer Auswertung der Abstrichmaterialien im mikrobiologischen Labor sowie der Beurteilung der Schleimhautbefunde, konnten im Gegensatz zu den experimentellen Untersuchungen deutliche Unterschiede zwischen den Materialien festgestellt werden. Als mikrobiologisch günstigster Werkstoff erwies sich der MMA-PMMA-

Prothesenkunststoff Weitur-Press. An ihm wurde eine geringere Ansiedlung der fakultativ-pathogenen Darmbakterien und Sproßpilze sowie das Ausheilen vorbestandener Prothesenstomatitiden beobachtet. Mit konträren Resultaten stellte sich der weiche Kunststoff Mollosil plus als nachteiligstes Material dar. Von den beiden harten Unterfütterungskunststoffen zeigte sich das füllstoffhaltige Dimethacrylat Ufi Gel hard C als mangelhaft, da es die Entwicklung der Prothesenstomatitis förderte und wie in der experimentellen Studie eine schmierig-rauhe, klinisch unakzeptable Oberfläche besaß.

Ferner ließ sich aus den einzelnen Ergebnissen erkennen, daß eine Prothesenstomatitis durch weiche Materialien und Kunststoffe mit besonders rauhen Oberflächen begünstigt wird und neben einer erhöhten Zahl an *C. albicans* auch mit einer Zunahme der Nonfermenter-Keime verbunden ist.

Als Ursachen für die unterschiedlichen Resultate bei den einzelnen Kunststoffen wurden Einflüsse infolge chemischer und physikalischer Materialeigenschaften diskutiert sowie spezifische Eigenarten der Mikroorganismen in Betracht gezogen. Darüber hinaus wurde in der klinischen Studie die Bedeutung der Prothesenhygiene in Abhängigkeit von Patient und Material dargestellt und als Ursache insbesondere für die Ergebnisse bei Mollosil plus angesehen.

6 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Keimzahlen (KBE) von <i>S. salivarius</i> auf neuen und gealterten Kunststoffen; Mittelwerte und Standardabweichungen	24
Abb. 2:Keimzahlen (KBE) von <i>S. sanguis</i> auf neuen und gealterten Kunststoffen; Mittelwerte und Standardabweichungen	25
Abb. 3:Keimzahlen (KBE) von <i>E. cloacae</i> auf neuen und gealterten Kunststoffen; Mittelwerte und Standardabweichungen	26
Abb. 4:	Keimzahlen (KBE) von <i>K. oxytoca</i> auf neuen und gealterten Kunststoffen; Mittelwerte und Standardabweichungen	27
Abb. 5:Keimzahlen (KBE) von <i>C. albicans</i> auf neuen und gealterten Kunststoffen; Mittelwerte und Standardabweichungen	28
Abb. 6:	REM- Aufnahmen der Oberfläche von Palapress	31
Abb. 7:	REM- Aufnahmen der Oberfläche von Mollosil	32
Abb. 8:	REM- Aufnahmen der Oberfläche von Ufi Gel hard C	33
Abb. 9:	Veränderungen der Keimflora auf Wangenschleimhaut und Prothese bei Patienten mit Unterfütterungen aus Mollosil plus	55
Abb. 10:	Veränderungen der Keimflora auf Wangenschleimhaut und Prothese bei Patienten mit Unterfütterungen aus Ufi Gel hard	56
Abb. 11:	Veränderungen der Keimflora auf Wangenschleimhaut und Prothese bei Patienten mit Unterfütterungen aus Ufi Gel hard C	57
Abb. 12:	Veränderungen der Keimflora auf Wangenschleimhaut und Prothese bei Patienten mit neueingegliederten Prothesen aus Weitur-Press (Kontrolle) ...	59

7 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Verwendete Produkte der experimentellen Studie.....	16
Tabelle 2:	Feste Nährmedien	20
Tabelle 3:	Flüssige Nährmedien.....	20
Tabelle 4:	Mittelwerte und Standardabweichungen der Rauigkeiten der geprüften Kunststoffe	29
Tabelle 5:	Verwendete Produkte der klinischen Studie	51
Tabelle 6:	Häufigkeit der Keimgruppen der klinischen Studie: Scoresystem	54
Tabelle 7:	Vorkommen der isolierten Keime in den jeweiligen Materialgruppen.....	60
Tabelle 8:	Vorkommen von Prothesenstomatitis im Verlauf der Untersuchungen bei den einzelnen Materialien	61

8 Literaturverzeichnis

1. Bawendi B, Schaal KP, Thingo ME: Die Keimretention und Keimpenetration an Prüfkörpern und Gaumenplatten aus Paladon 65[®] und Palapress[®] in Abhängigkeit von der Verarbeitung. Dtsch Zahnärztl Z 30 (1975) 157-160
2. Berger U: Mikrobiologie der Mundhöhle. Urban & Schwarzenberg, München Berlin 1955
3. Berger U: Das physiologisch-bakteriologische Milieu der Mundhöhle im Altersablauf aus der Sicht des Bakteriologen. Dtsch Stomatol 15 (1965) 27-35
4. Bickel M, Geering AH: Zur bakteriellen Besiedelung der Prothesenbasis. SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd 92 (1982) 741-745
5. Bössmann K: In-vitro-Experimente zur Plaquebildung. Dtsch Zahnärztl Z 34 (1979) 437-439
6. Brandis H, Köhler W, Eggers HJ, Pulverer G: Lehrbuch der Medizinischen Mikrobiologie. 7. Aufl. Gustav Fischer, Stuttgart New York 1994
7. Brandl B: Untersuchungen zur In vitro - Adhärenz von Streptococcus mutans an verschiedenen Füllungswerkstoffen. Med. Diss. Jena 2001
8. Breustedt A, Schubert R: Ätiologie der Prothesenstomatitis aus gerostomatologischer Sicht. Stomatol DDR 27 (1977) 475-481
9. Breustedt A: Stomatologische Betreuung im höheren Lebensalter. Barth, Leipzig 1978
10. Breustedt A: Prothetische Betreuung des zahnlosen Patienten. In: Breustedt A, Lenz E, Musil R, Staegemann G, Taege F, Weiskopf J: Prothetik. 3. Aufl. Barth, Leipzig 1991
11. Brown D: Resilient soft liners and tissue conditioners. Br Dent J 164 (1988) 357-360
12. Budtz-Jørgensen E: Clinical aspects of candida infection in denture wearers. J Am Dent Assoc 96 (1978) 474-479
13. Budtz-Jørgensen E, Theilade E, Theilade J: Quantitative relationship between yeasts and bacteria in denture-induced stomatitis. Scand J Dent Res 91 (1983) 134-142
14. Burns DR, Burns DA, Di Pietro GJ, Gregory RL: Response of processed resilient denture liners to candida albicans. J Prosthet Dent 57 (1987) 507-512

15. Catalan A, Herrera R, Martinez A: Denture plaque and palatal mucosa in denture stomatitis: Scanning electron microscopic and microbiologic study. *J Prosthet Dent* 57 (1987) 581-586
16. Combe EC: Zahnärztliche Werkstoffe: Zusammensetzung; Verarbeitung; Anwendung. Dt. Ausgabe von Dermann, K., Hanser, München Wien 1984
17. Davenport JC: The oral distribution of candida in denture stomatitis. *Br Dent J* 129 (1970) 151-156
18. Elss S, Przyborowski R: Ein Beitrag zum Problem der bakteriellen Besiedlung von Kunststoffprothesen. *Dtsch Stomatol* 19 (1969) 272-283
19. Engelhardt JP, Grün L: Kunststoffe als mikrobielle Nährböden. *Arch Hyg Bakteriol* 153 (1969) 433-437
20. Engelhardt JP, Grün L: Das Verhalten von Mikroorganismen gegenüber Methylmethakrylat, Vernetzer und Weichmacher. *Dtsch Zahnärztl Z* 27 (1972) 466-473
21. Engelhardt JP: Die Beständigkeit zahnärztlicher Kunststoffe gegenüber Mikroorganismen. *Schweiz Monatsschr Zahnheilkd* 83 (1973) 656-669
22. Fröbel K, Hagedorn K: In vitro-Untersuchungen zum Einfluß von Eluaten weichbleibender Unterfütterungskunststoffe und harter Prothesenkunststoffe auf das Wachstum ausgewählter Spezies der Mundflora und zur Penetration von *Streptococcus sanguis* bei diesen Materialien. *Med. Diss. Jena* 1999
23. Fuchs P: Der Keimgehalt weichbleibender Kunststoffe. *Dtsch Zahnärztl Z* 21 (1966) 163-167
24. Glass RT, Belodraydic KA: The dilemma of denture contamination. *Today's FDA* 3 (1991) 4C-6C
25. Glass RT, Bullard JW, Hadley CS, Mix EW, Conrad RS: Partial spectrum of microorganisms found in dentures and possible disease implications. *J Am Osteopath Assoc* 101 (2001) 92-94
26. Göbel R, Welker D: Verbunde weicher Kunststoffe. *Quintessenz Zahntech* 27, 4 (2001) 441-442
27. Goldberg S, Cardash H, Browning H, Sahly H, Rosenberg M: Isolation of Enterobacteriaceae from the mouth and potential association with malodor. *J Dent Res* 76 (1997) 1770-1775

28. Gristina AG: Biomaterial-centered infection: microbial adhesion versus tissue integration. *Science* 237 (1987) 1588-1595
29. Hahn H, Falke D, Klein P: Medizinische Mikrobiologie. Springer, Berlin Heidelberg New York 1991
30. Heizmann WR, Döller PC, Kropp S, Bleich S: Kurzlehrbuch Medizinische Mikrobiologie und Immunologie. Schattauer, Stuttgart New York 1997
31. Hellwig E, Klimek J, Attin T: Einführung in die Zahnerhaltung. 2. Aufl. Urban und Fischer, München Jena 1999
32. Herrmann HW: Werkstoffliche Untersuchungen an weichbleibenden Kunststoffen. *Dtsch Zahnärztebl* 13 (1959) 281-285
33. Herrmann HW: Weichbleibende Kunststoffe. In: Eichner, K.: Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung. 4.Aufl., Bd. 1, Hüthig, Heidelberg 1981
34. Hinz M, Göbel R, Welker D: Weiche Kunststoffe für Prothetik und Epithetik. *Quintessenz Zahntech* 26,5 (2000) 493-499
35. Hirasawa T, Hirabayashi S: Ein Überblick über die verschiedenen Prothesen-Unterfütterungsmaterialien und ihre Klassifizierung aus materialwissenschaftlicher Sicht (I). *Quintessenz Zahntech* 15 (1989) 1421-1431
36. Hirasawa T, Hirabayashi S: Ein Überblick über die verschiedenen Prothesen-Unterfütterungsmaterialien und ihre Klassifizierung aus materialwissenschaftlicher Sicht (II). *Quintessenz Zahntech* 16 (1990) 59-73
37. Hulterström M: Moderne Epithesenwerkstoffe. *Quintessenz* 31 (1981) 539-547
38. Janda R: Chemie und Physik zahnärztlicher Kunststoffe. In: Eichner K, Kappert HF (Hrsg): Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung. Band 1, 6. Aufl. Hüthig, Heidelberg 1996
39. Janke G: Über Abbauvorgänge an zahnärztlichen Kunststoffen (Alterung durch Korrosion). *Dtsch Zahnärztl Z* 22 (1967) 684-695
40. Kahn RC, Lancaster MV, Kate W: The microbiologic cross-contamination of dental prostheses. *J Prosthet Dent* 47 (1982) 556-559
41. Kazanji MNM, Watkinson AC: Soft lining materials: their absorption of, and solubility in, artificial saliva. *Br Dent J* 165 (1988) 91-94

42. Kittler KS: In vitro-Untersuchungen zur Anlagerung oraler Bakterien an Verblendkunststoffe. Med. Diss. Jena 2000
43. Klötzer WT, Reuling N: Biokompatibilität zahnärztlicher Materialien: Teil II. Materialien mit Schleimhautkontakt. Dtsch Zahnärztl Z 45 (1990) 437-442
44. Körber E: Oberflächenbearbeitung zahnärztlicher Kunststoffe. Dtsch Zahnärztl Z 15 (1960) 562-572
45. Körber K, Ludwig K: Zahnärztliche Werkstoffkunde und Technologie. 2. Aufl., Thieme, Stuttgart New York 1993
46. Koopmans ASF, Kippuw N, Graaff J: Bacterial Involvement in Denture-induced Stomatitis. J Dent Res 67 (1988) 1246-1249
47. Kuck M: Die physiologische Prothese im zahnlosen Unterkiefer. Dtsch Zahnärztl Z 9 (1954) 1352-1359
48. Kühlwein H, Demmer F: Mikrobielle Korrosion von Kunststoffen. Kunststoffe 57 (1967) 183-188
49. Lammers T: Bakteriologische Studien über die Mundflora und Mundhygiene. Dtsch Zahn-, Mund- Kieferheilkd 18 (1953) 441-476
50. Langer H, Portele K: Klinische und experimentelle Untersuchungen über den Keimgehalt von zahnärztlichen Kunststoffen. Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd 39 (1963) 21-28
51. Leathen WW, Kinsel NA, Brown CC, Swanson WF: The microbiology of plastic dentures. J Am Dent Assoc 60 (1960) 164-170
52. Lehnert S, Heuser HS: Zur sogenannten topographischen Bakteriologie der Mundhöhle in Abhängigkeit vom Altersablauf. Dtsch Zahnärztl Z 23 (1968) 267-274
53. Mäkila E, Hopsu-Havu VK: Mycotic growth and soft denture lining materials. Acta Odontol Scand 35 (1977) 197-205
54. Mitchell DL, Hariri NM, Duncanson MG, Jacobson NL, Mc Callum RE: Quantitative study of bacterial colonization of dental casts. J Prosthet Dent 78 (1997) 518-521
55. Monsenego P: Presence of microorganisms on the fitting denture complete surface: study in vivo. J Oral Rehabil 27 (2000) 708-713

56. Naumann G, Schmidt J, Friemel H: Medizinische Mikrobiologie und Immunologie für Stomatologen. Barth, Leipzig 1983
57. Nikawa H, Iwanaga H, Kameda M, Hamada T: In vitro evaluation of *Candida albicans* adherence to soft denture-lining materials. *J Prosthet Dent* 86 (1992) 804-808
58. Nikawa H, Yamamoto T, Hayashi S, Nikawa Y, Hamada T: Growth and/or acid production of *Candida albicans* on soft lining materials in vitro. *J Oral Rehabil* 21 (1994) 585-594
59. Nikawa H, Yamamoto T, Hamada T: Effect of components of resilient denture-lining materials on the growth, acid production and colonization of *Candida albicans*. *J Oral Rehabil* 22 (1995) 817-824
60. Nikawa H, Yamamoto T, Hamada T, Rahardjo MB, Murata H: Commercial denture cleansers – cleansing efficacy against *Candida albicans* biofilm and compatibility with soft denture-lining materials. *Int J Prosthodont* 8 (1995) 434-443
61. Nikawa H, Hamada T, Yamamoto T, Kumagai H: Effects of salivary or serum pellicles on the *Candida albicans* growth and biofilm formation on soft lining materials in vitro. *J Oral Rehabil* 24 (1997) 594-604
62. Nikawa H, Hamada T, Yamamoto T: Denture plaque – past and recent concerns. *J Dent* 26 (1998) 299-304
63. Nikawa H, Jin C, Hamada T, Murata H: Interactions between thermal cycled resilient denture lining materials, salivary and serum pellicles and *Candida albicans* in vitro. Part 1. Effects on fungal growth. *J Oral Rehabil* 27 (2000) 41-51
64. Öhman SC, Österberg T, Dahlen G, Landahl S: The prevalence of *Staphylococcus aureus* species, and *Candida* species and their relation to oral mucosal lesions in a group of 79-year-olds in Göteborg. *Acta Odontol Scand* 53 (1995) 49-54
65. Okita N, Örstavik D, Örstavik J, Östby K: In vivo and in vitro studies on soft denture materials: microbial adhesion and tests for antibacterial activity. *Dent Mater* 7 (1991) 155-160
66. Otto D: Persönliche Mitteilung
67. Patyk A, Huber HP: Alterungsprozeß von Molloplast B – eine in-vivo und in-vitro Studie. *ZWR* 102 (1993) 560-562

68. Pietrokowski J, Azuelos J, Tau S, Mostavoy R: Oral findings in elderly nursing residents in selected countries: oral hygiene conditions and plaque accumulation on denture surfaces. *J Prosthet Dent* 73 (1995) 136-141
69. Quirynen M: The clinical meaning of the surface roughness and the surface free energy of intra-oral hard substrata on the microbiology of the supra- and subgingival plaque: results of in vitro and in vivo experiments. *J Dent* 22 Suppl 1 (1994) S13-S16
70. Radford DR, Sweet SP, Challacombe SJ, Walter JD: Adherence of candida albicans to denture-base materials with different surface finishes. *J Dent* 26 (1998) 577-583
71. Ruzicka F, Eder C: Experimentelle Langzeitstudie der Belagsbildung auf üblichem Prothesenmaterial in vivo beim Menschen. *Z Stomatol* 85 (1988) 263-275
72. Satou J, Fukunaga A, Satou N, Shintani H, Okuda K: Streptococcal Adherence on Various Restorative Materials. *J Dent Res* 67 (1988) 588-591
73. Scheutzel P: Der Einfluß lichthärtender Oberflächenversiegelungslacke auf Verfärbung und Plaqueakkumulation an herausnehmbarem Zahnersatz. *ZWR* 98 (1989) 857-861
74. Schlegel HG, Zaborosch C: Allgemeine Mikrobiologie. 7. Aufl. Thieme, Stuttgart New York 1992
75. Schwickerath H: Prothesenbasis-Kunststoffe. In: BZK und KZBV (Hrsg.): Das Dental Vademekum. 5.Ausg. Dtsch Ärzteverlag, Köln 2001
76. Sharp E, Verran J, Russell C: Studies on the interactions between candida albicans and oral streptococci on hard surfaces. *J Dent Res* 66 (1987) 890 abstract 496
77. Spranger H: Bakteriologische Untersuchungen von herausnehmbaren Schienen und Zahnersatz. *Dtsch Zahnärztl Z* 30 (1975) 154-156
78. Stechmann A, Berger U: Über einige Veränderungen der Mundflora im Alter. *Z Hyg Infektionskr* 150 (1964) 18-28
79. Strub JR, Türp JC, Witkowski S, Hürzeler MB, Kern M: Curriculum Prothetik. 2. Aufl. Quintessenz-Verlag, Berlin Chicago London 1999
80. Tanzer G: Erfahrungen mit einem permanent elastischen Prothesenkunststoff auf Silikon-Basis. *ZWR* 67 (1966) 41-46
81. Tappe A: Kunststoffe. In: Breustedt A, Lenz E (Hrsg): Stomatologische Werkstoffkunde. 2. Aufl. Barth, Leipzig 1985

82. Tsuchiya H, Hoshino Y, Tajima K, Takagi N: Leaching and cytotoxicity of formaldehyde and methyl methacrylate from acrylic resin denture base materials. *J Prosthet Dent* 71 (1994) 618-624
83. Utz KH: Zur Indikation der Verwendung weichbleibender Kunststoffe. *ZWR* 96 (1987) 812-816
84. Utz KH: Unterfütterung von Totalprothesen. In: Hupfaut L (Hrsg): *Totalprothesen*. 2. Aufl. Urban & Schwarzenberg, München Wien Baltimore 1987
85. Verran J, Maryan CJ: Retention of candida albicans on acrylic resin and silicone of different surface topography. *J Prosthet Dent* 77 (1997) 535-539
86. Vogel A, Ulrici V, Klinghammer H: Verarbeitung und Einsatzmöglichkeiten von heißvernetzbaaren Silikonen in der Stomatologie. *Stomatol DDR* 37 (1987) 677-680
87. Voß R: Können durch weichbleibende Unterfütterung Halt und Funktion der Prothese verbessert werden? *Zahnärztl Praxis* 12 (1961) 201-203
88. Wagenknecht G: Weichbleibende Unterfütterungsmaterialien Standortbestimmung Herbst 1989. *Dent Labor* 37 (1989) 1655-1656
89. Walter M: Beläge auf totalen Prothesen. *Dtsch Zahnärztl Z* 41 (1986) 281-284
90. Walter M: Zur klinischen Bewährung weicher Prothesenmaterialien. *ZWR* 96 (1987) 332-335
91. Waters MGJ, Williams DW, Jagger RG, Lewis MAO: Adherence of candida albicans to experimental denture soft lining materials. *J Prosthet Dent* 77 (1997) 306-312
92. Welker D, Lenz E: Zur Klinik und Ätiologie prothesenbedingter Veränderungen der Mundschleimhaut. *Stomatol DDR* 25 (1975) 191-199
93. Welker D, Oehring H, Erbsmehl J, Bleischwitz B: Antimikrobielle Eigenschaften zahnärztlich-restaurativer Werkstoffe. *Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl* 72 (1984) 291-304
94. Welker D, Neupert G: Verbesserte Biokompatibilität von neueren Alginat- und Silikonabformwerkstoffen. *Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl* 74 (1986) 818-822
95. Welker D, Oehring H, Neupert G: Mikrobiologische Aspekte der Biokompatibilität zahnärztlich-restaurativer Werkstoffe. *Wiss Z Humboldt-Univ Berlin, Reihe Med* 38 (1989) 284-286

96. Welker D: Biologische Prüfung von zahnärztlichen Werkstoffen – Ziele, Möglichkeiten und Aussagewert. Quintessenz Zahntech 17 (1991) 463-472
97. Welker D: Prothesenkunststoffe. In: Eichner K, Kappert HF (Hrsg): Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung. Band 1, 6. Aufl. Hüthig, Heidelberg 1996
98. Welker D: 40 Jahre Silikone. Dental Magazin 14 (1996) 6-14
99. Welker D, Göbel R, Arndt S: Weiche Kunststoffe – eine werkstoffkundliche Bewertung. Quintessenz Zahntech 23 (1997) 675-680
100. Welker D: Prothesenkunststoffe. In: Meiners H, Lehmann KM: Klinische Materialkunde für Zahnärzte. Hauser, München Wien 1998
101. Welker D: Weiche Kunststoffe. Quintessenz Zahntech 26,5 (2000) 491-492
102. Wilson J: The aetiology, diagnosis and management of denture stomatitis. Br Dent J 185 (1998) 380-384
103. Wilson M, Harvey W: Prevention of bacterial adhesion to denture acrylic. J Dent 17 (1989) 166-170
104. Wöstmann B, Selcuk Ü, Lammert U, Ferger P: In-vitro und In-vivo-Untersuchungen zum Unterfütterungsmaterial Mucopren soft (Zwischenbericht). Poliklinik für zahnärztliche Prothetik Justus-Liebig Universität Gießen (1999)
105. Wright PS, Clark P, Hardie JM: The prevalence and significance of yeasts in persons wearing complete dentures with soft lining materials. J Dent Res 64 (1985) 122-125
106. Wright PS: A three year longitudinal study of denture soft lining materials in clinical use. Clinical Materials 1 (1986) 281-289
107. Wright PS, Young KA, Riggs PD, Parker S, Kalachandra S: Evaluating the effect of soft lining materials on the growth of yeast. J Prosthet Dent 79 (1998) 404-409
108. Wyatt CC, Harrop TJ, Mac Entee MI: A comparison of physical characteristics of six hard denture reline materials. J Prosthet Dent 55 (1986) 343-346
109. Yamauchi M, Yamamoto K, Wakabayashi M, Kawano J: In vitro adherence of microorganisms to denture base resin with different surface texture. Dent Mater J 9 (1990) 19-24
110. Zissis AJ, Polyzois GL, Yannikakis SA, Harrison A: Roughness of denture materials: a comparative study. Int J Prosthodont 13 (2000) 136-139

9 Normen und Informationsschriften

N1 DIN 53508: Prüfung von Kautschuk und Elastomeren / Künstliche Alterung. Berlin :
Beuth, 1993, S 1-5

F1 Detax GmbH & Co. KG (Ettlingen): Firmenschrift Mollosil plus[®]

F2 Kettenbach (Eschenburg): Firmenschrift Mucopren[®]-soft

F3 VOCO (Cuxhaven): Firmenmitteilung zu Ufi Gel hard[®] und Ufi Gel hard C[®]

G1 Detax GmbH & Co. KG (Ettlingen): Gebrauchsinformation Mollosil[®]

G2 Detax GmbH & Co. KG (Ettlingen): Gebrauchsinformation Mollosil plus[®]

G3 Heraeus Kulzer GmbH (Wehrheim/Ts.): Gebrauchsinformation Palapress[®]

G4 Kettenbach (Eschenburg): Gebrauchsinformation Mucopren[®]-soft

G5 VOCO (Cuxhaven): Gebrauchsinformation Ufi Gel C[®]

G6 VOCO (Cuxhaven): Gebrauchsinformation Ufi Gel hard[®]

G7 VOCO (Cuxhaven): Gebrauchsinformation Ufi Gel hard C[®]

G8 Weil-Dental GmbH (Rosbach): Gebrauchsinformation Flexor[®]

G9 Weithas J (Lütjenburg): Gebrauchsinformation Weitur press[®]

10 Anhang

Tabelle 9: Keimzahlen (KBE) der einzelnen Keime auf neuen und gealterten Kunststoffen;
Mittelwerte und Standardabweichungen

		neu	alt
S. salivarius			
	Ufi Gel C	2,49 ±1,3	2,64 ±1,1
	Mollosil	2,44 ±1,2	2,48 ±2,2
	Mollosil plus	3,37 ±1,1	2,45 ±1,3
	Flexor	3,07 ±1,2	3,17 ±3,1
	Mucopren soft	3,31 ±1,6	2,73 ±1,5
	Ufi Gel hard C	2,51 ±0,9	1,43 ±0,5
	Palapress	3,51 ±1,5	3,29 ±3,4
S. sanguis			
	Ufi Gel C	2,01 ±1,4	2,49 ±1,0
	Mollosil	0,71 ±0,6	2,19 ±1,7
	Mollosil plus	3,24 ±2,5	2,57 ±0,9
	Flexor	1,80 ±1,1	4,00 ±3,9
	Mucopren soft	1,41 ±0,5	3,52 ±1,2
	Ufi Gel hard C	2,55 ±0,8	1,41 ±0,6
	Palapress	2,49 ±1,3	3,42 ±3,3
E. cloacae			
	Ufi Gel C	22,34 ±12,6	6,72 ±2,1
	Mollosil	9,10 ±3,3	19,80 ±6,2
	Mollosil plus	13,64 ±5,2	8,88 ±2,9
	Flexor	8,10 ±2,4	26,50 ±8,6
	Mucopren soft	12,76 ±3,8	10,36 ±3,0
	Ufi Gel hard C	12,75 ±4,4	8,63 ±1,3
	Palapress	9,54 ±1,8	26,18 ±7,3
K. oxytoca			
	Ufi Gel C	7,38 ±3,1	6,22 ±3,0
	Mollosil	3,48 ±1,8	3,38 ±2,1
	Mollosil plus	13,39 ±4,0	7,80 ±3,1
	Flexor	6,09 ±2,2	5,57 ±1,6
	Mucopren soft	7,48 ±1,5	16,32 ±6,8
	Ufi Gel hard C	8,73 ±3,0	7,97 ±2,9
	Palapress	7,83 ±2,2	7,30 ±3,2
C. albicans			
	Ufi Gel C	0,61 ±0,3	1,30 ±0,3
	Mollosil	0,19 ±0,1	0,52 ±0,5
	Mollosil plus	0,68 ±0,3	0,78 ±0,1
	Flexor	0,41 ±0,2	0,69 ±0,6
	Mucopren soft	0,55 ±0,2	0,76 ±0,1
	Ufi Gel hard C	0,27 ±0,2	0,32 ±0,1
	Palapress	0,42 ±0,1	0,88 ±0,5

Tabellen 10: Häufigkeit der Keimflora bei Patienten mit Unterfütterungen aus Mollosil plus auf a) Wangenschleimhaut und b) Prothese (Z= Zeitpunkt)

a)	Z 1	Z 2	Z 3		Z 1	Z 2	Z 3
Mundflora				Enterobakterien			
Score 0	4,5	4,3	0	Score 0	54,5	47,8	50
Score 1	4,5	4,3	0	Score 1	0	4,3	6,3
Score 2	13,6	0	12,5	Score 2	4,5	8,7	12,5
Score 3	13,6	26,1	31,3	Score 3	22,7	21,7	18,8
Score 4	63,6	65,2	56,3	Score 4	18,2	17,4	12,5
Nonfermenter				Sproßpilze			
Score 0	40,9	39,1	18,8	Score 0	54,5	56,5	37,5
Score 1	18,2	13	0	Score 1	13,6	13	18,8
Score 2	0	4,3	18,8	Score 2	22,7	8,7	37,5
Score 3	18,2	30,4	31,3	Score 3	9,1	21,7	6,3
Score 4	22,7	13	31,3	Score 4	0	0	0

b)	Z 1	Z 2	Z 3		Z 1	Z 2	Z 3
Mundflora				Enterobakterien			
Score 0	0	17,4	0	Score 0	50	26,1	47,1
Score 1	4,5	8,7	5,9	Score 1	4,5	4,3	0
Score 2	9,1	4,3	0	Score 2	13,6	17,4	17,6
Score 3	18,2	26,1	35,3	Score 3	22,7	21,7	23,5
Score 4	68,2	43,5	58,8	Score 4	9,1	30,4	11,8
Nonfermenter				Sproßpilze			
Score 0	45,5	26,1	23,5	Score 0	63,6	34,8	41,2
Score 1	9,1	13	5,9	Score 1	4,5	26,1	11,8
Score 2	4,5	17,4	17,6	Score 2	13,6	13	23,5
Score 3	18,2	26,1	29,4	Score 3	18,2	26,1	17,6
Score 4	22,7	17,4	23,5	Score 4	0	0	5,9

Tabellen 11: Häufigkeit der Keimflora bei Patienten mit Unterfütterungen aus Ufi gel hard auf a) Wangenschleimhaut und b) Prothese (Z= Zeitpunkt)

a)	Z 1	Z 2	Z 3		Z 1	Z 2	Z 3
Mundflora				Enterobakterien			
Score 0	0	0	9,1	Score 0	46,7	57,1	54,5
Score 1	6,7	0	18,2	Score 1	0	0	0
Score 2	0	0	9,1	Score 2	13,3	0	9,1
Score 3	20	28,6	9,1	Score 3	20	21,4	9,1
Score 4	73,3	71,4	54,5	Score 4	20	21,4	27,3
Nonfermenter				Sproßpilze			
Score 0	60	57,1	63,6	Score 0	46,7	50	45,5
Score 1	6,7	7,1	0	Score 1	13,3	7,1	27,3
Score 2	20	0	9,1	Score 2	20	42,9	0
Score 3	6,7	28,6	9,1	Score 3	20	0	27,3
Score 4	6,7	7,1	18,2	Score 4	0	0	0

b)	Z 1	Z 2	Z 3		Z 1	Z 2	Z 3
Mundflora				Enterobakterien			
Score 0	0	0	0	Score 0	46,7	57,1	45,5
Score 1	6,7	0	27,3	Score 1	0	0	0
Score 2	6,7	14,3	0	Score 2	6,7	0	0
Score 3	33,3	42,9	27,3	Score 3	6,7	0	9,1
Score 4	53,3	42,9	45,5	Score 4	40	42,9	45,5
Nonfermenter				Sproßpilze			
Score 0	40	50	54,5	Score 0	40	50	45,5
Score 1	13,3	0	0	Score 1	13,3	0	27,3
Score 2	6,7	14,3	18,2	Score 2	20	21,4	0
Score 3	33,3	21,4	18,2	Score 3	26,7	28,6	27,3
Score 4	6,7	14,3	9,1	Score 4	0	0	0

Tabellen 12: Häufigkeit der Keimflora bei Patienten mit Unterfütterungen aus Ufi gel hard C auf a) Wangenschleimhaut und b) Prothese (Z= Zeitpunkt)

a)	Z 1	Z 2	Z 3		Z 1	Z 2	Z 3
Mundflora				Enterobakterien			
Score 0	0	0	0	Score 0	58,3	58,3	87,5
Score 1	8,3	0	12,5	Score 1	0	0	0
Score 2	8,3	0	0	Score 2	16,7	8,3	0
Score 3	16,7	25	12,5	Score 3	0	16,7	0
Score 4	66,7	25	75	Score 4	25	16,7	12,5
Nonfermenter				Sproßpilze			
Score 0	50	50	25	Score 0	33,3	25	12,5
Score 1	0	16,7	0	Score 1	25	16,7	37,5
Score 2	16,7	0	0	Score 2	25	33,3	37,5
Score 3	33,3	33,3	62,5	Score 3	8,3	25	12,5
Score 4	0	0	12,5	Score 4	8,3	0	0

b)	Z 1	Z 2	Z 3		Z 1	Z 2	Z 3
Mundflora				Enterobakterien			
Score 0	8,3	0	0	Score 0	50	66,7	75
Score 1	16,7	8,3	12,5	Score 1	0	0	0
Score 2	0	25	25	Score 2	8,3	8,3	12,5
Score 3	41,7	16,7	25	Score 3	0	8,3	0
Score 4	33,3	50	37,5	Score 4	41,7	16,7	12,5
Nonfermenter				Sproßpilze			
Score 0	25	16,7	25	Score 0	25	25	25
Score 1	8,3	8,3	12,5	Score 1	33,3	8,3	0
Score 2	16,7	8,3	0	Score 2	33,3	33,3	62,5
Score 3	25	50	12,5	Score 3	8,3	25	12,5
Score 4	25	16,7	50	Score 4	0	8,3	0

Tabellen 13: Häufigkeit der Keimflora bei Patienten der Kontrollgruppe (Weitur-Press)
auf a) Wangenschleimhaut und b) Prothese (Z= Zeitpunkt)

a)	Z 1	Z 2	Z 3		Z 1	Z 2	Z 3
Mundflora				Enterobakterien			
Score 0	16,7	0	0	Score 0	33,3	75	42,9
Score 1	0	0	0	Score 1	0	0	28,6
Score 2	0	0	0	Score 2	16,7	16,7	0
Score 3	33,3	8,3	0	Score 3	33,3	0	28,6
Score 4	50	91,7	100	Score 4	16,7	8,3	0
Nonfermenter				Sproßpilze			
Score 0	16,7	33,3	0	Score 0	33,3	58,3	42,9
Score 1	16,7	16,7	57,1	Score 1	0	8,3	28,6
Score 2	0	25	0	Score 2	50	33,3	0
Score 3	33,3	25	42,9	Score 3	16,7	0	0
Score 4	33,3	0	0	Score 4	0	0	28,6

b)	Z 1	Z 2	Z 3		Z 1	Z 2	Z 3
Mundflora				Enterobakterien			
Score 0	0	0	0	Score 0	18,2	50	42,9
Score 1	0	0	0	Score 1	0	8,3	0
Score 2	18,2	8,3	0	Score 2	18,2	16,7	0
Score 3	36,4	8,3	42,9	Score 3	45,5	8,3	28,6
Score 4	45,5	83,3	57,1	Score 4	18,2	16,7	28,6
Nonfermenter				Sproßpilze			
Score 0	9,1	50	14,3	Score 0	27,3	66,7	42,9
Score 1	9,1	8,3	0	Score 1	9,1	8,3	14,3
Score 2	9,1	0	42,9	Score 2	45,5	16,7	14,3
Score 3	36,4	41,7	28,6	Score 3	18,2	8,3	28,6
Score 4	36,4	0	14,3	Score 4	0	0	0

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Sophia Gröber
Geburtsdatum: 31.01.1976
Geburtsort: Jena

Schul Ausbildung

09/82 – 08/90 Polytechnische Oberschule Friedrich-Ludwig-Jahn Freyburg/Unstrut
09/90 – 06/94 Lepsius-Gymnasium Naumburg/Saale
06/94 Abschluß der Schul Ausbildung mit der Allgemeinen Hochschulreife

Freiwilliges Soziales Jahr

09/94 – 08/95 Diakonie-Station Laucha/Unstrut

Hochschul Ausbildung

10/95 – 01/01 Studium der Zahnmedizin an der Friedrich-Schiller-Universität Jena
01/01 Abschluß des Studiums mit dem Staatsexamen

Promotion

01/99 Beginn der Promotion
03/01 – 03/02 Promotionsstudium zur Beendigung der Arbeit

Jena, den

Sophia Gröber

Ehrenwörtliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, daß mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist,

ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind,

mich folgende Personen bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts unterstützt haben: Herr Prof. Dr. med. dent. habil. D. Welker, Herr Prof. Dr. med. habil. W. Pfister, Frau PD Dr. med. S. Eick und Zahnarzt D. Otto,

die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und daß Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen,

daß ich die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung eingereicht habe und

daß ich die gleiche, eine in wesentlichen Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung nicht bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht habe.

Jena, den

Sophia Gröber

Danksagung

Zunächst danke ich meinen Eltern und meinem Lebenspartner, die mir immer beistanden und die Möglichkeit gaben, diese Studien durchzuführen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. dent. habil. D. Welker und Herrn Prof. Dr. med. habil. W. Pfister für die Überlassung des Themas und ihre wertvolle Unterstützung bei der Arbeit.

Frau PD Dr. med. S. Eick möchte ich besonders für die wissenschaftliche Betreuung, ihre Ratschläge bei der Abfassung der Arbeit sowie für ihre ständige Diskussionsbereitschaft danken.

Weiterer Dank gilt den Mitarbeitern des Bereiches Werkstoffkunde und Technologie der Poliklinik für Prothetik und Werkstoffkunde Jena und den Mitarbeitern des Institutes für Medizinische Mikrobiologie Jena, die mir die Hilfsmittel zur Verfügung stellten und jederzeit ein offenes Ohr für meine Fragen und Probleme hatten.

Ich danke Herrn Büschel aus der Medizintechnik und den Zahntechnikern für ihre Unterstützung bei der Herstellung der Prüfkörper sowie Frau Kaiser aus dem Institut für Ultrastrukturforschung, mit deren freundlicher Hilfe die rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen entstanden.

Ganz besonders danke ich auch Herrn Dirk Otto für die angenehme und freundliche Zusammenarbeit.

Thesen zur Dissertation

**Experimentelle und klinische Untersuchungen
zur mikrobiellen Besiedelung weichbleibender und
harter Unterfütterungskunststoffe**

vorgelegt von Sophia Gröber
geb. am 31.01.1976 in Jena

Thesen zur Dissertation

1. Bei vielen Patienten mit Totalprothesen lassen sich vorzeitiger Knochenabbau, Druckstellen und/oder Verminderung des Prothesenhaltes feststellen. Auf Grund ihrer Konsistenz sind weichbleibende Unterfütterungskunststoffe sehr gut dazu geeignet, diesen Symptomen und Beschwerden entgegenzuwirken.
2. Die Verwendung weichbleibender Unterfütterungskunststoffe ist jedoch umstritten, da bei längerfristigem Einsatz der Materialien erhebliche Mängel auftreten, wie z.B. Ablösung vom Prothesenkunststoff, Veränderung der Oberflächenbeschaffenheit und verstärkte mikrobielle Besiedelung.
3. Eine zunehmende Akkumulation von Mikroorganismen auf Unterfütterungsmaterialien wie auch auf Prothesenkunststoffen kann laut Literaturangaben die Entwicklung einer Prothesenstomatitis begünstigen. Eine Vermehrung fakultativ pathogener Keimspezies sowie ein mikrobieller Abbau des Kunststoffes sind ebenfalls möglich. Die Untersuchung der Einflüsse neuerer Unterfütterungsmaterialien auf die Anlagerung von Mikroorganismen erschien daher als sinnvoll.
4. Für das Wachstum und die Vermehrung von Mikroorganismen auf Werkstoffen ist die initiale Adhärenz der Keime von entscheidender Bedeutung. Aus diesem Grunde wurden in einer experimentellen Studie ein harter und fünf weichbleibende Unterfütterungskunststoffe sowie ein Prothesenkunststoff als Vergleichswerkstoff bezüglich der initialen Anlagerung der Keimspezies *Streptococcus sanguis*, *Streptococcus salivarius*, *Enterobacter cloacae*, *Klebsiella oxytoca* und *Candida albicans* getestet.
5. Weichbleibende und harte Unterfütterungsmaterialien sowie Prothesenkunststoffe unterscheiden sich in der initialen Adhärenz von Mikroorganismen. In der In vitro-Studie stellte sich jedoch keiner der Werkstoffe günstiger als die anderen dar. Jedes Material weist hinsichtlich der Adhärenz der Keime sowohl Vor- als auch Nachteile auf.
6. Da die Alterung von Werkstoffen physikalische und chemische Eigenschafts- veränderungen bewirkt, wurden neu hergestellte und gealterte Kunststoffe verwendet. Die unterschiedlichen Resultate bewiesen den Einfluß der Alterung auch auf das Verhalten der Materialien gegenüber Mikroorganismen. Bei allen Materialien ließ sich u.a. eine Förderung der Adhärenz von *C. albicans* im gealterten Zustand beobachten.

7. Laut mehreren Autoren fördert eine rauhere Oberfläche die Retention von Mikroorganismen. Nach Benetzung der Kunststoffoberflächen mit Speichel konnte eine derartige Korrelation jedoch nicht bewiesen werden. Es ist sehr wahrscheinlich, daß der Speichel die Interaktionen zwischen Mikroorganismen und Werkstoff modifiziert.
8. Eine zweite durchgeführte Studie diente der klinischen Untersuchung von Unterfütterungskunststoffen und einem Prothesenkunststoff über einen Zeitraum von sechs Monaten. Unter klinischen Bedingungen fördern weiche Kunststoffe die Ansiedlung von Mikroorganismen und insbesondere von fakultativ-pathogenen Keimspezies. Zudem begünstigen sie die Entwicklung einer Prothesenstomatitis.
9. Mangelnde Bearbeitbarkeit und unzureichende Hygienisierbarkeit weichbleibender Kunststoffe müssen als Hauptursachen für eine verstärkte mikrobielle Besiedelung dieser Materialien angesehen werden.
10. Neben der Prothesenhygiene sind differente Empfindlichkeiten der Mikroorganismen sowie physikalische und chemische Eigenschaften der Werkstoffe für die unterschiedliche Anlagerung der Mikroorganismen an den Materialien verantwortlich.
11. Nach ausreichender Polymerisation lagern harte Kunststoffe wesentlich weniger Mikroorganismen an als weiche Kunststoffe.
12. Das harte Unterfütterungsmaterial Ufi Gel hard C, welches oberflächlich nicht vollständig auspolymerisierte, ist auf Grund mangelhafter Oberflächenqualität und ungünstiger mikrobiologischer Befunde für den klinischen Einsatz nicht zu empfehlen.
13. Eine verstärkte Plaqueakkumulation, wie sie auf dem weichen Kunststoff beobachtet wurde, sowie eine raue Oberfläche konnten als ätiologische Faktoren für eine Prothesenstomatitis bestätigt werden.
14. Die vielfach beschriebene Förderung der Prothesenstomatitis durch erhöhte Zahlen an *C. albicans* ließ sich ebenfalls nachweisen. Darüber hinaus korreliert das Auftreten einer Prothesenstomatitis auch mit einer Zunahme von Bakterienarten, die zur Gruppe der Nonfermenter gezählt werden.